5.06(+9 3)16

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

Bound at
A. M. N. H.
1923

# REVUE

DES

# QUESTIONS SCIENTIFIQUES

# REVUE

DES

# QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

ASSOCIATION SANS BUT LUCRATIF

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
*Const. de Fid. Cath.*, c. IV.

QUATRIÈME SÉRIE

**TOME III — 20 JANVIER 1923**

(QUARANTE-DEUXIÈME ANNÉE ; TOME LXXXIII DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
**(MM. F. Willaert et H. Dopp)**
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11
**Compte chèques postaux 38022**

1923

Photo Pierre Petit — Clouzenibergen Paris

G Demoing

1841-1922

# GEORGES LEMOINE

Membre de l'Institut, Professeur honoraire à l'École Polytechnique et à l'Institut catholique de Paris, ancien Président de la Société scientifique de Bruxelles.

---

La vie de Georges Lemoine ressemble à son œuvre scientifique par sa belle unité et par son développement harmonieux. Né à Tonnerre, le 16 janvier 1841, il reçut, dès son plus jeune âge, de son père, interne des hôpitaux de Paris, de ses grands-parents, de sa mère l'exemple des vertus qu'il pratiqua toute sa vie, le respect de la religion, l'amour du travail, le culte passionné de la science. D'abord brillant élève au collège de sa ville natale, il vint faire sa classe de seconde à Paris, au lycée St-Louis ; c'est là qu'il trouva dans le premier aumônier, l'Abbé Clerc, le directeur de conscience qui orienta et dirigea son existence, qui resta son ami et dont il ne pouvait parler plus tard sans émotion. Il n'avait pas 16 ans, quand son père mourut ; sa mère, qui n'avait que cet enfant, vint habiter auprès de lui ; jusqu'à l'âge de 8 ans, elle avait été son unique professeur ; elle continua à veiller sur son travail en même temps que sur sa vie matérielle. La diligente tendresse de la mère et le labeur régulier du fils le firent entrer à 17 ans à l'École Polytechnique.

Sorti, un des premiers, de cette pépinière de savants, il fut nommé élève ingénieur des Ponts et Chaussées; puis, passionné pour les recherches désintéressées, il obtint la faveur très enviée de travailler, dans sa chère école, au laboratoire de Fremy ; il n'y resta que deux ans,

mais, en partant comme ingénieur à Rennes, il avait terminé sa thèse de Doctorat, et n'avait plus qu'à la rédiger. La brillante soutenance de cette thèse, les difficultés et les dangers qu'il avait surmontés dans ses recherches, avaient attiré l'attention sur lui ; il fut nommé répétiteur auxiliaire à l'École Polytechnique, en même temps qu'il était attaché au service hydrométrique de la Ville de Paris sous la direction de Belgrand (1866). Et dès lors, sa vie orientée entre ces deux pôles, l'enseignement et les recherches originales d'une part, le service hydrométrique d'autre part, se développe harmonieuse et brillante. Il est successivement ingénieur en chef (1881), puis inspecteur général des Ponts et Chaussées (1901) avec la succession de Belgrand ; ses publications d'hydrologie alternent avec ses mémoires de chimie-physique, d'abord en commun avec Belgrand, puis signées de lui seul, puis en collaboration avec les ingénieurs qui sont sous ses ordres. Dans l'enseignement, sa carrière est aussi régulière et rapide : choisi par Monseigneur d'Hulst pour être professeur de chimie à l'Institut catholique de Paris, à sa fondation, en 1875, il devient ensuite répétiteur à l'École Polytechnique, examinateur de sortie (1884) et professeur titulaire (1897), cependant que ses recherches originales lui font décerner en 1893 le prix Lacaze et le conduisent, jeune encore, à la Section de chimie de l'Académie des Sciences (1899), qu'il présidera en 1921. Il est mort le 14 novembre 1922, doucement, presque sans maladie, emportant l'estime de ceux qui l'avaient connu, entouré de sa femme et de ses quatre enfants, mort comme il avait écrit qu'il désirait mourir « se recommandant à l'immense miséricorde du Christ, notre Rédempteur » (1).

La plupart des travaux de Georges Lemoine, en chimie, sont des travaux de longue haleine, se rapportant à

(1) « Les chimistes de langue française ». REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 1902.

quelque grande idée ; une idée lui en suggère une autre ; les mesures ou les calculs qu'il entreprend se superposent dans ses publications ; ce n'est que quelques années plus tard, quand une question lui semble être au point, qu'il fait paraître un travail d'ensemble, soit dans l'Encyclopédie chimique de Fremy, soit dans les Annales de Chimie et de Physique, soit dans le Journal de chimie-physique de Ph. A. Guye. On trouvera, à la fin de cet article, l'ordre chronologique de ce qu'il a publié ; il me semble préférable, dans l'exposé de son œuvre, de ne pas suivre cet ordre, mais de grouper ses travaux d'après les principales idées directrices qui les ont suscités.

Ses premières recherches, entreprises pour obtenir le grade de Docteur ès sciences, sur les conseils de Fremy, sont des travaux de chimie pure : il étudie les combinaisons du soufre et du phosphore, signalées depuis longtemps par Berzélius, mais déjà une idée le conduit : il cherche si, dans ces combinaisons, le phosphore ne se trouve pas, dans les unes à l'état de phosphore blanc, dans les autres à l'état de phosphore rouge. Les conceptions que nous avons actuellement d'un corps composé n'admettent pas ces distinctions ; il est probable que les sulfures liquides qu'il a décrits, ne sont que des mélanges eutectiques. Mais ses recherches systématiques lui font découvrir quelques sulfures cristallés dont l'un se montre si stable à l'air et à l'humidité et si peu dangereux à manier qu'il est maintenant utilisé dans la fabrication des allumettes en France. En lisant son travail, on admire le courage du jeune homme et son habileté, car la plupart de ces composés sont très dangereux à manipuler ; c'est à cause des explosions fréquentes qu il avait eues que Berzélius avait interrompu leur étude.

Lemoine revint de temps en temps sur ces sulfures de phosphore ; en les traitant par la soude, il obtint toute une série de composés où l'oxygène remplace en partie le

soufre, ce qui lui permet d'insister sur l'analogie entre ces deux éléments, analogie déjà signalée par Dumas dans sa classification des corps simples. Dans tous ces travaux apparaît le souci de rigueur qui caractérise son œuvre : un fait étudié par Lemoine n'a pas besoin d'être repris ; le travail est achevé.

Ses études sur les sulfures de phosphore lui avaient montré que les conditions de transformation du phosphore blanc en phosphore rouge n'étaient pas précisées ; nommé répétiteur auxiliaire à l'École Polytechnique, Georges Lemoine reprend les expériences de Hittorf sur ces transformations. C'est alors que paraît le fameux mémoire de Debray sur la dissociation du carbonate de chaux (1867) : si l'on chauffe ce corps en vase clos, la décomposition s'arrête lorsque la pression du gaz carbonique atteint une certaine valeur ; si l'on fait le vide, en ne modifiant pas la température, la décomposition recommence et s'arrête quand la pression du gaz a repris la même valeur ; à chaque température, le phénomène est le même ; seule la pression limite varie. On voit l'analogie de cette décomposition avec la vaporisation d'un liquide en vase clos ; même équilibre quand la valeur a atteint une certaine pression, même variation de cette pression avec la température ; et l'analogie n'est pas seulement qualitative, la formule que Clapeyron a donnée, il y a plus de 30 ans, pour la vaporisation s'applique à cette décomposition en vase clos, à cette *dissociation* pour employer l'expression de Sainte-Claire Deville.

Tout de suite Lemoine a l'idée de comparer la transformation allotropique qu'il étudie à cette dissociation. En enfermant en vase clos, à température constante, du phosphore rouge, il y a transformation en phosphore blanc, mais la réaction s'arrête pour une certaine limite. En opérant de même sur du phosphore blanc, il y a formation de phosphore rouge ; la réaction s'arrête encore

après un certain temps et la limite atteinte est la même. L'analogie est donc complète. Mais cela ne suffit pas à Lemoine ; il esquisse une théorie : cette limite, dit-il, provient de la juxtaposition de deux actions en sens inverse, transformation du phosphore rouge en phosphore blanc, d'une part, transformation inverse, d'autre part ; et pour le prouver, il recommence en mettant du cuivre dans son vase clos ; le cuivre se transforme peu à peu en phosphure sans qu'il y ait contact avec le phosphore rouge, la limite ne peut alors être atteinte et le phosphore rouge disparaît complètement ; le cuivre a joué le même rôle que la pompe aspirante qui faisait le vide sur le carbonate de chaux.

Le laboratoire où Lemoine travaille n'a guère de ressources ; il ne peut opérer à toutes les températures qu'il désire, pour confirmer par des expériences ses vues nouvelles : alors, il prend le travail de Hittorf, qui, sur la foi de ses mesures, avait affirmé que les limites étaient différentes en partant de poids différents de différents phosphores ; hardiment, il interprète les nombres de son contradicteur autrement que lui et il prédit quelle sera la limite aux températures qu'il ne peut atteindre. Quelques années plus tard, il a la joie de voir ses prévisions confirmées par les expériences de Troost et Hautefeuille ; ce dut être pour lui une satisfaction du même ordre que celle qu'éprouva Le Verrier à l'annonce de la découverte de la planète à la place exacte que ses calculs avaient prévue !

Il n'y a de science que du général. Quand un savant a pu relier par une même loi des phénomènes différents, tout le monde s'aperçoit qu'une voie nouvelle vient d'être ouverte dans la recherche de la vérité, les chercheurs s'y précipitent. C'est ce qui explique l'enthousiasme que suscitèrent les rapprochements de Debray et de Lemoine entre certains phénomènes chimiques et les phénomènes

les mieux connus de la physique. Successivement Debray fait rentrer dans la théorie nouvelle l'efflorescence des sels, Troost et Hautefeuille la transformation du cyanogène en paracyanogène ; des théoriciens comme Pfaundler et Horstmann en Allemagne, comme Peslin et Moutier en France, coordonnent les résultats. Mais dans le nombre toujours plus grand de ces expériences, Lemoine aperçoit l'importante lacune à combler : les limites n'ont été obtenues jusqu'ici qu'entre des corps solides et des gaz ; que deviendra cette limite si les gaz seuls sont en contact, si le mélange des corps réagissants, au lieu d'être *hétérogène*, est *homogène* ?

Il s'adresse alors à l'acide iodhydrique, dont la dissociation venait d'être signalée par Hautefeuille. A partir de 200°, ce corps se décompose en hydrogène et en iode, qui, à cette température, est un gaz ; et, en vase clos, la décomposition n'est pas complète. Il va chercher s'il y a une limite et comment varie cette limite quand on fait varier la température, la pression initiale des gaz enfermés, ou les proportions relatives des corps mis en présence. La technique est délicate. Il faut chauffer à près de 500° ; il faut, pour que la limite soit bien atteinte, laisser la température constante pendant des mois entiers ; il faut, pour saisir à un moment donné l'état du mélange, refroidir brusquement les ballons à une température où les réactions ne sont plus possibles.

Malgré ses travaux au service hydrométrique, Lemoine peut déjà donner en 1875 quelques résultats sur ses recherches ; à ce moment, il entre à l'Institut Catholique de Paris ; rapidement, il organise dans de vieux bâtiments obscurs des laboratoires où il travaillera et où il surveillera les travaux de ses élèves ; puis, avec l'aide d'un préparateur dévoué, M. Dervin, que Fremy lui a recommandé pour son habileté technique, il fait cette série de recherches devenues classiques et qui resteront un modèle d'expérimentation rigoureuse et méthodique.

Les résultats sont connus : la limite est la même, que l'on parte de l'acide iodhydrique ou de ses constituants dans la proportion qu'ils ont dans la combinaison, et cette limite varie légèrement avec la température. Elle varie, au contraire, considérablement si les proportions d'hydrogène et d'iode ne sont pas celles de la combinaison ; c'est là une différence fondamentale avec les dissociations étudiées jusqu'alors. Lemoine voit nettement que ce n'est pas un cas fortuit ; il prédit que ce sera un cas général chaque fois que le mélange sera homogène ; et cette différence, sur laquelle il insiste avec force, entre les systèmes homogènes et les systèmes hétérogènes étudiés jusque là, restera longtemps classique jusqu'à ce que les formules de Gibbs, introduites avec tant d'autorité en Europe par Le Chatelier et par Van t' Hoff, nous aient familiarisés avec l'idée plus générale de *variance* dans un système en équilibre.

Cependant les théories qui veulent expliquer le mécanisme de la dissociation se précisent et se heurtent. Lemoine prend parti, et toujours en s'appuyant sur des données expérimentales. Ses expériences qui ne seront reprises, pour être presque entièrement confirmées, que 20 ans plus tard par Bodenstein, restent longtemps les seules sur la dissociation des mélanges homogènes ; elles lui semblent bientôt insuffisantes : l'acide iodhydrique se formait sans condensation avec l'iode et l'hydrogène ; pour vérifier les résultats qu'il prévoit dans le cas d'une combinaison avec condensation, il s'adresse à la dissociation du bromhydrate d'amylène, déjà étudiée par Wurtz à la pression atmosphérique et il la compare aux résultats qu'il obtient en opérant sous la pression d'un dixième d'atmosphère. Conformément à la théorie, la dissociation est facilitée par une diminution de pression (1891). Et la théorie, en ces 14 années, a si bien été admise par tous les savants que cette confirmation passe presque inaperçue !

Dès le début de ses études sur le phosphore, Georges Lemoine avait émis l'hypothèse que la limite résultait d'un équilibre entre deux actions inverses simultanées ; en disciple de Dumas, ce grand expérimentateur, il l'avait prouvé par une expérience nette : le cuivre, en se combinant au phosphore blanc au fur et à mesure de sa formation, empêchait la transformation inverse et l'équilibre ne pouvait s'établir. Peu à peu, cette conception se précise en lui. Ces transformations ne sont pas instantanées ; comme tous les phénomènes naturels elles se font avec une certaine vitesse, variable d'un instant à l'autre de façon continue ; il remplace alors la notion un peu vague d'équilibre statique par la notion plus concrète d'équilibre dynamique : la limite est atteinte quand les vitesses des deux réactions inverses sont les mêmes. A l'idée que les deux phosphores ne se transforment plus l'un dans l'autre, il substitue l'idée qu'à chaque instant la quantité de phosphore blanc qui disparaît pour donner naissance à du phosphore rouge est la même que celle qui apparaît par la transformation inverse ; ainsi la population d'un pays est stationnaire, quand chaque année le nombre des morts compense exactement le nombre des naissances.

Cette idée, universellement admise aujourd'hui, était neuve alors en chimie (1871). Lemoine va encore la préciser. Préciser une idée, pour un savant qui a sa culture mathématique, c'est la traduire en langage algébrique et tirer de ses équations tout ce que peuvent en tirer les ressources du calcul différentiel. Une réaction n'a lieu qu'à la rencontre de deux molécules, s'il s'agit de deux gaz, à la rencontre d'une molécule et d'une surface, s'il s'agit d'un solide et d'un gaz ; la probabilité de la rencontre est d'autant plus grande que les molécules sont plus près l'une de l'autre, — d'où il tire l'influence de la pression ; — qu'elles sont plus nombreuses, d'où il déduit l'influence de la concentration. En première approximation, il admet d'abord la proportionnalité de la vitesse

au poids des gaz réagissants, ce qui lui donne une équation différentielle, très simple dans le cas des mélanges hétérogènes, un peu plus compliquée dans les autres cas, comme celui de l'acide iodhydrique. Enfin l'intégration lui permet de connaître, à un moment donné, le poids de chacun des corps du mélange, en particulier au moment où les deux vitesses sont égales, et c'est la limite cherchée.

Dans ses calculs, Lemoine rencontre alors une difficulté imprévue. L'intégration d'une équation différentielle exige la connaissance des conditions initiales ; ces conditions semblent très simples à connaître, puisque c'est l'expérimentateur qui les choisit ; or, elles sont au contraire très difficiles à préciser. Au début de toute réaction se produit une période d'hésitation, une période critique, différente à chaque expérience et dont la cause nous échappe encore maintenant, malgré le soin que nous prenons de nous placer dans des conditions que nous croyons bien identiques. Il tourne alors la difficulté : pour chaque série d'expériences, il prend un des résultats trouvés, il en déduit les conditions initiales, ce qui lui permet de calculer tous les autres résultats et de les comparer à ceux que l'expérience directe lui donne : ainsi l'astronome sait d'avance la place qu'occupera sur son orbite la planète, au jour choisi, s'il connaît seulement une de ses positions à un moment donné.

Dans son mémoire sur l'acide iodhydrique, Lemoine avait déjà comparé les résultats de sa théorie à ceux que l'expérience lui donnait. Il veut faire plus ; il veut que tous les chercheurs puissent connaître ses équations et les ressources à en tirer, ressources que la brièveté de ses communications à l'Académie des Sciences ne peut montrer avec assez de détails. C'est à ce moment (1882) que Fremy fait paraître son *Encyclopédie chimique*, monument grandiose où toutes les connaissances de la chimie contemporaine sont exposées par les savants les plus qualifiés pour le faire. Sur sa demande, il charge

Lemoine du chapitre sur la dissociation. Après avoir décrit en détail, d'après les mémoires originaux, tous les faits de dissociation ou d'équilibre chimique qui se sont multipliés depuis quinze ans, celui-ci expose sa théorie ; il l'applique à ses propres expériences, puis à celles de tous les autres chimistes. Il met les résultats de ces expériences en équations, en tire les solutions que donne le calcul, et les compare aux données expérimentales qui ont été publiées. C'est un gros travail : les résultats n'ont pas toujours été donnés sous la forme qu'exigent ses équations, il faut les transformer ; souvent le nombre des facteurs qui interviennent rendent l'intégration directe impossible, il faut passer alors par des quadratures successives ; rien ne rebute l'infatigable calculateur qui finit toujours par présenter des tableaux de concordance ou des courbes représentatives impressionnantes. Et quand on a fini la lecture de ce chapitre qui a les dimensions d'un volume, et dont l'aspect apparaît d'abord aride, on ne peut qu'être convaincu de la souplesse de cette théorie dont les équations représentent presque si complètement des faits expérimentaux si divers.

Presque si complètement.... Il n'échappe pas à un esprit aussi critique que celui de Lemoine que ce n'est pas suffisant. D'autres savants, en particulier Hortsmann en Allemagne, Peslin et Moutier en France, ne l'ont pas pensé non plus. Et depuis quelques années des théories différentes ont pris naissance, qui, sans nier l'intérêt que présente la théorie de l'égalité des vitesses des deux transformations antagonistes, ont cherché à calculer la limite de la réaction en prenant pour bases les deux principes fondamentaux de la Thermodynamique, le principe de la conservation de l'énergie qui date de 1842 et celui de Carnot qui, donné bien antérieurement, n'a commencé à être connu et employé que depuis Clausius. Peu à peu, surtout sous l'influence de Van t'Hoff

et de Le Chatelier (1), ces théories vont entrer dans la science et, plus tard, dans l'enseignement ; les magnifiques résultats que Bakhuis Roozeboom et son école tireront de la *règle des phases* la feront admettre partout. Mais si toutes ces méthodes de recherche donnent des résultats précieux au moment de l'équilibre, si elles permettent de prévoir la limite, et de calculer l'influence qu'auront sur elle les variations de température, de pression ou de concentration des masses réagissantes, elles ne suivent pas la marche du phénomène, elles ne satisfont pas l'esprit de Lemoine épris de dynamique. Ce qu'on reproche à ses théories, c'est de s'appuyer sur les vitesses de réaction qui sont trop difficiles à calculer avec précision, parce que trop de facteurs interviennent pour les faire varier. C'est alors à l'étude systématique de ces vitesses et de ces facteurs de trouble qu'il va consacrer la majeure partie de sa vie.

Les *actions de présence* étaient connues depuis longtemps ; on avait souvent remarqué qu'une réaction était facilitée par l'introduction d'une petite quantité de matière restant inaltérée, quelquefois même qu'une combinaison, impossible à obtenir à froid, se déclarait par la simple présence d'un corps étranger. C'est Thénard qui semble avoir signalé ce fait pour la première fois en 1818 de façon nette, alors qu'il étudiait les propriétés de l'eau oxygénée. Berzélius avait appelé ce phénomène la *catalyse* et ces mystérieux agents des catalyseurs. Mais aucune étude systématique n'en avait encore été faite.

Déjà Lemoine, dans ses expériences sur l'acide iodhydrique, s'était aperçu de la perturbation qu'apportait à ses nombres la surface intérieure du récipient qui renfermait les gaz : il avait pris des ballons sphériques et

(1) *Les lois du déplacement de l'équilibre* sont de 1884.

assez grands pour éliminer le plus possible l'influence de cette surface. De même la lumière, et surtout celle du soleil, décomposait l'acide iodhydrique à une température où il se conserve sans altération dans l'obscurité. Mais son attention fut surtout attirée par les expériences qu'Hautefeuille publia quelque temps après lui sur la décomposition de l'acide iodhydrique par les corps poreux. En comparant leurs résultats, Lemoine s'aperçoit qu'à une même température la limite de décomposition est *à peu près* la même dans les deux cas ; seule varie la vitesse avec laquelle cette limite est atteinte. Les corps poreux ont donc joué à peu près le même rôle que l'augmentation de pression, comme si, à leur surface, ils avaient attiré les molécules gazeuses, les avaient rapprochées l'une de l'autre, augmentant ainsi leurs chances de rencontre. Cette idée, rajeunie, se retrouve dans toutes les théories modernes de la catalyse *par adsorption*.

Pour étudier ces phénomènes parasites et qui se devinent compliqués, il faut essayer de se placer dans les cas les plus simples. Or, dans une réaction réversible, deux transformations se produisent simultanément, deux vitesses interviennent ; il est donc préférable de s'adresser désormais aux transformations irréversibles, à celles qui ne peuvent se faire que dans un sens. Il faut les choisir suffisamment lentes pour diminuer les causes d'erreur dans la mesure du temps, il faut que l'état de la transformation à un moment donné soit facile à mesurer, il est prudent de prendre des mélanges homogènes où n'interviennent pas de solides dont les surfaces de séparation sont difficiles à connaître, il est plus commode au point de vue technique d'avoir des liquides dont la masse est supérieure à celle des gaz. Ce sont toutes ces considérations qui l'ont amené à étudier les catalyses principalement sur ces trois solutions : chlorure ferrique et acide oxalique, eau oxygénée, acide iodique et acide oxalique.

La première catalyse de réaction irréversible étudiée systématiquement par Lemoine est celle de la lumière. Cette question est une de celles qui l'ont le plus préoccupé; il jugeait cette partie de son œuvre comme la plus importante et la plus utile, et, sans cesse, il en parlait. Non content des mesures qu'il pouvait faire à ses laboratoires, soit à l'École Polytechnique, soit à l'Institut Catholique, il organisait partout de petits laboratoires : à Paris, à ses domiciles successifs, dans une chambre au sixième étage ; à Tonnerre, où il prenait ses vacances habituelles ; à Perpignan, où il passa quelques mois, et même en Suisse, où il aimait voyager en été ; beaucoup de ses mesures ont été faites dans une chambre d'hôtel à Rieder Alp, près du glacier d'Aletsch, à 1900 m. d'altitude, pour avoir le plus de rayons ultra-violets possible. Ses travaux sur cette question sont disséminés dans tous ses mémoires, depuis celui sur le phosphore de 1871, jusqu'à celui sur l'acide iodique et l'acide oxalique de 1921.

Dans ces études, ce fut un précurseur : ces travaux de longue haleine, surtout dans nos climats où les jours ensoleillés sont rares, sont difficiles et ardus. Ce n'est que tout récemment que Victor Henri et surtout Daniel Berthelot se sont occupés de recherches analogues, en employant principalement les lumières artificielles modernes, riches en rayons ultra-violets ; d'autres études, celles des Perrin et des Langevin partent d'un tout autre point de vue ; mais l'étude mathématique qu'il a faite de l'absorption de la lumière par les milieux traversés, restera classique et de grande utilité pour ceux qui reprendront ces recherches.

La lumière peut agir de deux façons différentes sur les corps en présence. Dans certains cas, elle agit par l'énergie qu'elle apporte et produit ainsi une transformation qui, sans elle, ne pourrait se faire ; alors la décomposition est proportionnelle à l'énergie apportée et peut lui servir de mesure ; c'est le cas de la photographie ; on sait qu'un

sel d'argent, noirci par la lumière, puis laissé dans l'obscurité, revient lentement à son premier état et se décolore, montrant bien que la décomposition ne pouvait se faire d'elle-même. Dans d'autres cas, ce n'est que comme catalyseur qu'agit la lumière ; elle accélère la vitesse des réactions possibles, elle agit comme le ferait une élévation de température. C'est uniquement à l'étude de ces cas de catalyse que s'est borné Lemoine.

Il a d'abord vérifié, par des expériences rigoureuses, faciles à montrer dans les cours, que l'action seule de la lumière transforme le phosphore ordinaire en phosphore rouge, de façon irréversible, ce qui, avec nos idées modernes, est une des meilleures preuves que le phosphore rouge est, à la température ordinaire, l'état stable. Dès 1878, il montrait qualitativement que la lumière transformait le styrolène liquide en métastyrolène, ce polymère solide au grand pouvoir réfringent qui sert à assembler les lentilles des instruments d'optique, cependant que des expériences précises montraient que l'essence de térébenthine, qui avait la réputation de se polymériser au soleil, restait inaltérée au bout de trois ans d'insolation, pourvu qu'on ait pris soin de la débarrasser des poussières. Il avait signalé l'action de la lumière sur l'acide iodhydrique, sur le chloral, sur le cyanogène, sur l'iodure d'amidon, mais ces études fragmentaires ne lui donnent que des présomptions. Il veut des certitudes. Il va comparer alors rigoureusement, avec méthode et ressources du calcul, l'action de la lumière à celle de la chaleur.

Lemoine s'adresse d'abord au mélange de chlorure ferrique et d'acide oxalique en solution dans l'eau, et cette étude va durer douze ans (1883-1895). A l'obscurité, la chaleur décompose ce mélange ; à froid, la lumière le décompose aussi ; il se forme du chlorure ferreux et il se dégage du gaz carbonique ; celui-ci, recueilli sur une cuve à glycérine où il ne se dissout pas, permet, par une simple lecture de volume corrigé, de calculer l'état de décomposition à un moment donné.

Les premières mesures ont lieu à 100° et à l'obscurité. Conformément à la théorie, la vitesse de décomposition diminue à mesure que le mélange s'appauvrit, par le fait même de la transformation, ce qui permet, à partir d'une seule observation, de calculer la quantité de matière qui sera décomposée à un moment donné. D'autres mesures sont faites ensuite à des températures un peu plus basses et un peu plus élevées. Conformément à toutes les expériences antérieures, une élévation de température augmente la vitesse de la réaction et cette variation est toujours très rapide.

Lemoine s'était souvent préoccupé de trouver la loi de cette variation ; la fonction exponentielle qu'il donne ici se rapproche de celle de Van t' Hoff qui régit à peu près toutes les décompositions dont on peut mesurer la vitesse : une élévation de température de 10° double la vitesse de décomposition ; alors, l'expérimentateur précis calcule, d'après son exponentielle, ce que sera la décomposition à la température ordinaire, où il nous semble que les deux corps ne réagissent pas. Il laisse un flacon à la cave à l'obscurité et à température constante, et, six ans après, les 2 % de décomposition qu'il constate par l'analyse lui montrent que son extrapolation n'a pas été trop hardie.

En même temps quelques faits nouveaux apparaissent : si l'on ajoute à la dissolution, du sel marin, la vitesse de la réaction diminue ; c'est que le sel marin forme avec le chlorure ferrique une combinaison qui n'agit plus sur l'acide oxalique ; l'addition de sel correspond à une diminution de chlorure de fer dans le mélange. C'est un des premiers exemples de ces méthodes de chimie physique, si employées maintenant, qui permettent de soupçonner, dans les dissolutions, la formation de composés restant dissous, par le trouble qu'ils apportent à un phénomène continu que l'on peut mesurer.

Corrélativement à l'action de la chaleur, Lemoine

étudie l'action de la lumière sur le mélange, en se proposant de mesurer la quantité de lumière introduite et la réaction qu'elle produit et de coordonner numériquement les résultats obtenus. La technique de ces mesures est tout entière à inventer, les causes d'erreur nombreuses à dépister. Une première question préoccupe le méticuleux expérimentateur : la décomposition dégage de la chaleur ; n'y a-t-il pas à craindre que cette chaleur n'élève la température du mélange et que l'effet mesuré ne soit dû à la fois à la lumière et à cette élévation de température ? Des mesures précises montrent que, dans les cas de soleil le plus ardent, la température ne dépasse pas 50°, température à laquelle les expériences précédentes ont montré que la décomposition n'est pas appréciable.

Une question plus importante est l'absorption de la lumière par le produit même qui est utilisé. Le mélange est fortement coloré en brun ; il absorbe les différentes radiations et les quantités de lumière reçues par les couches successives du liquide vont en décroissant ; il faut tenir compte de cette décroissance. Or le mélange des deux corps est coloré de la même façon que la dissolution de chlorure ferrique pur ; il suffit donc de déterminer la loi de l'absorption dans cette dernière dissolution ; ce sera la loi de l'absorption dans le mélange. Pour mesurer cette absorption, Lemoine aurait pu prendre les méthodes habituelles ; il préfère étudier l'action chimique que la lumière peut encore produire dans le mélange, après avoir traversé des flacons plats de différentes épaisseurs remplis de chlorure ferrique. Avec ces résultats numériques, ce n'est plus qu'un jeu pour lui de calculer ce que serait l'absorption pour une couche idéale, infiniment mince, placée à un endroit quelconque, puis d'intégrer l'équation différentielle ainsi obtenue. Alors les quantités de gaz carbonique ainsi calculées pour une cuve d'épaisseur connue, plate, cylindrique ou même elliptique, pour tenir compte de l'obliquité des rayons solaires, sont comparées

à celles qu'on a véritablement recueillies, et la concordance est très satisfaisante.

Les résultats de nombreuses mesures faites en tant d'endroits différents montrent que la lumière ne fait qu'accélérer la transformation qui, sans elle, demanderait un temps presque infini. Le calcul montre que si l'on voulait produire à l'obscurité le même effet qu'un quart d'heure d'exposition au soleil, il faudrait, ou bien, dans le même temps, une température de 136°, ou bien, à la même température, une durée de plus de cent années.

C'est bien ce qui caractérise un catalyseur ; mais Lemoine veut encore plus de précisions. Il mesure directement la différence entre la perte d'énergie de la lumière qui a traversé le mélange et la perte d'énergie de la même lumière qui a traversé un milieu également coloré, mais où ne se produit pas de réaction. Cette différence est infime : la décomposition n'a pas fait perdre d'énergie à la lumière ; pas plus qu'un corps poreux qui décompose l'acide iodhydrique n'a perdu de sa masse. Ils sont bien, au même titre, des catalyseurs.

En même temps qu'il s'adressait au mélange de chlorure ferrique et d'acide oxalique, Lemoine faisait des expériences comparatives avec le styrolène, qui n'est pas coloré. Les résultats, plus difficiles à obtenir, à cause de la lenteur de la réaction, conduisent à des conclusions du même ordre. Alors les idées de Lemoine, sur la catalyse, se précisent de plus en plus ; il devient plus affirmatif et énonce la loi moderne que ses propres expériences ainsi que d'autres, faites surtout en Allemagne, ont contribué à établir, loi qui fut si longue à faire admettre et qui n'a plus actuellement de contradicteurs : Un catalyseur ne modifie en rien le phénomène ; il ne fait qu'accélérer la vitesse avec laquelle il se produit. Ainsi un lubrifiant ne peut changer le sens de la marche d'une machine, il ne peut que faciliter le mouvement.

Cependant, les phénomènes de catalyse préoccupent de plus en plus les savants et les industriels : augmenter la vitesse d'une réaction, c'est gagner du temps, c'est surtout augmenter le rendement utile. C'est alors que Sabatier, en collaboration avec l'abbé Senderens, fait paraître ses premières recherches (1897) qui vont se poursuivre 25 ans : les métaux réduits de leurs oxydes, la mousse de platine, certains oxydes facilitent les hydrogénations, les déshydratations, les réductions internes. A peu près à la même époque (1907) Lemoine, toujours avec les mêmes préoccupations, étudie l'action catalytique de la braise sur la décomposition des alcools, et, toujours, il retrouve la même loi générale : le rôle des catalyseurs est d'abaisser la température des transformations chimiques.

Mais les catalyses dans les liquides le préoccupent depuis ses premières expériences sur le chlorure ferrique et l'acide oxalique. Pour une étude d'ensemble, où tous les catalyseurs seront systématiquement étudiés, il reprend un travail déjà fait en partie par Thénard, la décomposition de l'eau oxygénée sous l'influence de la chaleur, montrant ainsi qu'on peut, par des conceptions nouvelles, rajeunir un sujet qui semble avoir été déjà traité.

Dans une première série de mesures, il reprend encore une fois l'étude de l'influence de la température et de la dilution, ce qui lui permet de découvrir un phénomène imprévu ; excellent exemple donné aux jeunes expérimentateurs trop pressés. Quand la concentration dépasse 70 %, l'allure de la décomposition n'est plus l'allure habituelle, la vitesse augmente d'abord au lieu de diminuer et ce n'est qu'après quelque temps que le phénomène redevient normal. Lemoine élucide rapidement la question ; l'eau n'agit pas seulement comme solvant, mais par son action de présence ; la décomposition donne naissance à de l'eau qui, d'abord, catalyse la réaction plus vite que la décomposition ne la ralentit, puis l'influence de la décomposition redevient prépondérante. Fidèle à ses

habitudes, il traduit ce raisonnement en langage mathématique, et les volumes d'oxygène dégagé correspondent à ceux qu'il calcule. La concentration pour laquelle la vitesse cesse de croître correspond à une combinaison d'eau et d'eau oxygénée, nouvel exemple de la découverte d'un corps en solution par une méthode de physicochimie. Ainsi s'explique la très grande stabilité de l'eau oxygénée aux fortes concentrations : en l'absence d'eau, qui sert de catalyseur, la décomposition est très lente.

Alors l'influence du récipient, dont Lemoine avait déjà deviné l'importance dans ses premiers travaux, est étudiée méthodiquement ; influence de la nature chimique du verre, de la forme de la surface, et de sa proportion au volume, du nettoyage et de l'humidité, et de toutes ces minutieuses recherches il sort cette attristante vérité : chaque récipient a son individualité propre, il catalyse différemment la même réaction ; c'est l'explication nette des troublants insuccès obtenus jusqu'alors dans des travaux du même ordre.

Après trois ans, quand le terrain est ainsi déblayé, il passe en revue les différents catalyseurs, les acides, les bases et de nombreux corps solides : ses résultats jettent quelques lueurs sur l'important problème, encore mal connu aujourd'hui, de la catalyse hétérogène, où les vitesses de diffusion dans les liquides viennent compliquer les vitesses de réaction. Les conclusions de cet imposant mémoire, où sont relatées plus de 300 expériences, comportant chacune une dizaine de mesures, et autant de calculs, garderont longtemps encore une importance de premier ordre.

La guerre mondiale terminée, les préoccupations purement scientifiques peuvent renaître. Alors l'infatigable travailleur revient à son travail. Sans souci de l'âge, il amorce une étude qui doit compléter les précédentes, la catalyse du mélange d'acide iodique et d'acide oxalique. La retraite lui a pris son laboratoire de l'École

Polytechnique ; modestement, il vient redemander à l'Institut catholique un petit coin pour continuer ses recherches ; seule la mort impitoyable peut arrêter ce persévérant chercheur de près de 82 ans !

La valeur d'un savant peut, en partie, se mesurer à l'influence qu'il a exercée sur la science de son temps. A la vérité, Georges Lemoine fut peu connu du grand public ; les chroniqueurs scientifiques des grands journaux ne voyaient rien à glaner dans ses mémoires courts, substantiels, bourrés de résultats et de chiffres, et préféraient la découverte retentissante d'un corps nouveau sans grande importance sur le perfectionnement de nos connaissances ; mais son influence sur les chimistes fut très grande. On peut dire qu'il a été un des créateurs de la Chimie physique en France, et peut-être le savant, qui, par son exemple et son enseignement, a amené à cette science nouvelle le plus grand nombre d'adeptes.

Ampère a fait remarquer, dans sa classification des sciences, que toute recherche scientifique est, à l'origine, d'ordre descriptif ; plus tard elle devient d'ordre rationnel et philosophique ; elle ne se borne plus à rassembler les matériaux, elle les coordonne, puis elle passe aux relations de causalité. C'est la marche qu'a suivie l'Astronomie d'abord, puis la Physique ; c'est le stade dans lequel nous nous trouvons actuellement en chimie. Certains savants contemporains, trouvant que la somme de nos connaissances n'est pas encore assez étendue ou assez précise, tournent leur activité vers la recherche de combinaisons nouvelles ou vers une description plus précise des combinaisons existantes ; d'autres veulent surtout relier les faits entre eux et les ramener à des phénomènes plus généraux ; l'emploi des mathématiques sert à préciser ces relations. Pour eux, la chimie tend de plus en plus à n'être qu'un chapitre de la physique, qui, elle-même, cherche à ramener tous les phénomènes à un petit

nombre de causes et devient un chapitre important de la mécanique.

Dans la patrie de Descartes, ces dernières tendances se comprennent ; aussi la Chimie physique est-elle d'origine très française. Déjà l'ouvrage de Berthelot, « la Statique chimique » est un essai de coordination ; mais à l'époque où il parut (1803), les faits n'étaient pas encore assez nombreux pour que cet essai fût suivi. Il faut attendre 50 ans pour voir naître en France la nouvelle science avec les premières idées de Sainte-Claire Deville sur la dissociation, puis les travaux de Berthelot et Péan de Saint-Gilles sur l'éthérification ; Debray avec sa fameuse expérience de décomposition du carbonate de chaux en vase clos, et Lemoine, par le rapprochement qu'il fait des transformations allotropiques avec la dissociation, montrent brillamment les avenirs possibles de cette branche de la chimie. L'élan est donné, partout on accumule les faits de dissociation, cependant que d'autres savants les coordonnent et en déduisent des théories. On connaît celle de Lemoine. Peslin et Moutier rattachent les transformations réversibles au principe de Carnot ; les transformations irréversibles trouvent une loi approchée dans le principe du Travail maximum de Berthelot, principe qui se modifie peu à peu grâce aux efforts de Duhem, puis à ceux de Le Chatelier qui remplacent la notion de chaleur dégagée par celle de *chaleur utilisable.*

Les lois qui régissent la fin de la réaction sont maintenant admises partout, la fiévreuse période de la recherche est terminée ; seule l'étude de la vitesse, qui suit la transformation pas à pas, n'est pas encore achevée, à cause des phénomènes si compliqués de catalyse. En Allemagne et aux États-Unis, les revues spéciales publient de nombreuses études détaillées qui ne font actuellement que confirmer les vues que Lemoine a exposées dans les conclusions de la catalyse de l'eau oxygénée. En France, ces recherches sont malheureusement un peu interrompues.

C'est qu'il faut, pour les poursuivre, les rares qualités qui se trouvaient réunies en Georges Lemoine : persévérance tenace, soin méticuleux, sens critique aigu pour dépister les nombreux facteurs parasites, et, surtout, culture générale étendue, en particulier en Mathématiques. On peut dire de lui ce qu'il disait de Gay-Lussac (1) : « L'éducation scientifique très générale de l'École Polytechnique a été certainement pour beaucoup dans ce développement harmonieux de ses grandes facultés naturelles».

J'ai cherché, dans ce court exposé, à montrer l'enchaînement des idées qui ont guidé Georges Lemoine dans ses œuvres principales. Mais j'ai dû négliger quelques recherches entreprises en dehors de ces préoccupations. Dans ces autres travaux, on retrouve toujours la même patience, la même ténacité, le même souci de méticuleuse expérimentation. C'est ainsi que dans des études sur les hydrocarbures dérivés des pétroles d'Amérique, il n'arrive à des séparations qu'après plusieurs années de distillations fractionnées !

J'ai dû surtout négliger tous ses travaux d'hydrologie, poursuivis parallèlement à ses recherches de chimie, et qui lui valurent en 1883 le prix Dalmont à l'Académie des Sciences. Si, de plus, on pense au temps que lui prenait son service comme ingénieur des Ponts et Chaussées, si l'on n'oublie pas que, toute sa vie, ce fut un professeur ; si l'on sait le travail obscur qu'exige la préparation d'un cours, où les théories doivent se modifier chaque année avec les progrès de la science, où les découvertes, après avoir été jugées avec la critique nécessaire, doivent prendre la place proportionnée à leur importance, où les explications doivent être adaptées au niveau des connaissances des élèves, on reste confondu devant la puissance de travail de cet homme.

(1) *Les chimistes de langue française du XIX^e siècle.* REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. 1904.

Ce travail immense, ses publications ne le mettent pas assez en évidence. Il n'accaparait pas les COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, et parfois quelques années se passaient sans qu'on y vît paraître son nom ; puis il donnait un mémoire court, où la théorie était esquissée rapidement, un peu sèchement peut-être, où ses grands soucis de rigueur expérimentale n'étaient que sommairement exposés et où la conclusion, qui représentait parfois une idée nouvelle et féconde, était modestement donnée en quelques lignes. C'était bien à lui-même qu'il faisait allusion, quand il écrivait : « Il faut avoir passé par les difficultés des recherches originales, pour savoir tout ce que représente de travail, et même de dangers, une découverte qui se résume souvent par une seule ligne dans un traité classique » (1).

Cette modestie qu'il mettait dans ses écrits, cet effacement, il les avait aussi dans sa vie privée. Il ne recherchait pas les honneurs et n'accumulait pas les décorations. Et, président de l'Académie des Sciences de Paris, il n'était membre d'aucune société étrangère, sauf de la Société scientifique de Bruxelles.

Peut-être même, exagérait-il cette modestie, ce manque de confiance en sa propre valeur ; cela l'empêchait d'affirmer ses idées avec la force qui crée la certitude chez les autres. On est frappé, en lisant ses écrits, de la timidité avec laquelle il donne ses conceptions nouvelles, pourtant admises partout maintenant, quand elles sont en contradiction avec les conceptions des autres savants. Disciple de Dumas, qui n'avait confiance que dans les résultats expérimentaux, il n'ose pas aller au delà de ses mesures, et ne sait pas, comme d'autres l'ont fait avec génie, tirer d'expériences insuffisantes une théorie exacte que les recherches ultérieures viendront confirmer. Dou-

(1) *Progrès de la chimie de* 1868 *à* 1878. — SOCIÉTÉ BIBLIOGRAPHIQUE, 1879.

tant un peu de lui, il ne prenait pas assez nettement parti dans les discussions scientifiques qu'il eut, et où l'avenir a presque toujours montré qu'il avait eu raison. La bonté de son cœur et son éducation rendirent d'ailleurs ces discussions toujours courtoises. On pouvait être en désaccord avec lui, il était impossible de ne pas s'incliner devant sa haute dignité morale.

Ces qualités, il les devait à ses sentiments de chrétien, chrétien non combatif certes, car sa bonté et son habitude de regarder objectivement les faits le rendaient tolérant, mais chrétien sans respect humain, qui ne cacha jamais ses convictions, même à une époque où, fonctionnaire, il fallait du courage pour le faire. Savant officiel et professeur à Paris, il ne cessa de soutenir la cause de l'enseignement libre et de protéger les savants de province ; chargé, pendant la guerre, dans un livre de propagande semi-officielle, d'exposer l'importance de la Chimie française de 1870 à 1915, il n'oublie pas de signaler les savants qui enseignent dans les Universités catholiques (1), et le Bulletin de la Société d'Encouragement de 1917 contenait de lui, en réponse à un article de Tisserand, un vif éloge de l'enseignement agricole libre en France et des Frères qui y enseignaient ; il demandait pour eux plus de justice et plus de liberté.

C'est comme savant et comme chrétien qu'il était attaché à la Société scientifique de Bruxelles, où son ami, le R. P. Carbonnelle, l'avait fait entrer dès sa fondation. Il en aimait le charme un peu provincial, l'amicale camaraderie, le caractère de haute culture. Plusieurs fois, il donna à la Revue des Questions scientifiques des articles sur l'histoire de la chimie. C'est devant la Société qu'il fit l'exposé définitif de ses recherches sur la Dissociation et plusieurs fois il se plut à en présider les séances; sa mort est pour elle une perte cruelle.

(1) *Un demi-siècle de civilisation française.* Hachette, 1916.

J'ai peu connu Georges Lemoine ; je l'ai toujours trouvé accueillant et affable. Puissent ces quelques pages, parues dans une Revue qu'il aimait, écrites par un de ses successeurs au laboratoire qu'il avait fondé, lui paraître agréables dans la Demeure où il recueille la suprême récompense de ses vertus chrétiennes et de son travail désintéressé !

L. J. Olmer,
Professeur de Chimie à l'Institut Catholique
de Paris.

---

## BIBLIOGRAPHIE

C. R. Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris.
Ann. Chim. et P. Annales de Chimie et Physique.
B. Sté chim. Bulletin de la Société chimique de France.
Ann. Sté mét. Annuaire de la Société Météorologique de France.
Ann. Pts et Ch. Annales des Ponts et Chaussées.

1864 — 16 mai. — C. R. Action comparée du soufre sur les états allotropiques du phosphore.
1865 — 15 juin. — Thèse de doctorat. Même sujet.
1866 — 11 décembre. — Ann. Sté mét. Crue de septembre 1866 (en commun avec Belgrand).
1867 — 13 juillet. — B. Sté chim. Transformation allotropique du phosphore.
1869 — 8 juin. — Ann. Sté mét. Variations de la répartition moyenne de la pluie entre les différentes époques de l'année pour une même région, suivant l'altitude.
1870 — 25 juin. — Ann. Pts et Ch. Prévision sur la tenue des eaux courantes pendant la saison chaude, dans le bassin de la Seine, d'après la quantité de pluie tombée dans la saison froide précédente (en commun avec Belgrand).
1871 — 25 septembre-2 octobre. — C. R. Lois de la transformation allotropique du phosphore.
1871 — 23 octobre. — C. R. Théorie de la dissociation.
1871 — 1er décembre. — B. Sté chim. — Lois de la transformation allotropique du phosphore.
Ann. Chim et P. Sur la fransformation allotropique du phosphore.

1872 — Ann. Chim. et P. Théorie de la dissociation et des réactions simples limitées par l'action inverse.
1873 — juin. — Bull. Sté d'Encouragement. Progrès récents des industries chimiques en Angleterre.
1874 — 1er juin. — C. R. Abaissement probable du débit des eaux courantes du bassin de la Seine en 1874.
1874 — 26 août. — Assoc. franç. pour l'avancement des Sciences. Lille. Équilibres chimiques entre l'hydrogène et la vapeur d'iode.
1875 — 29 mars. — C. R. Dissociation de l'acide iodhydrique.
1876 — Ann. Pts et Ch. Crue de mars 1876 (en commun avec Belgrand).
1877 — 2 juillet. — C. R. Dissociation de l'acide iodhydrique gazeux en présence de l'excès d'un des éléments.
1877 — 16 juillet. — C. R. Action de la lumière sur l'acide iodhydrique.
Ann. chim. et P. Équilibres chimiques entre l'hydrogène et la vapeur d'iode.
1878 — 29 août. — Assoc. franç. pour l'avancement des Sciences. Action de la lumière sur le styrolène.
Congrès intern. de Météor. Paris. Notice sur l'annonce des crues.
1879 — Société bibliographique. Les progrès de la chimie de 1868 à 1878.
1881 — 11 avril. — C. R. Sur les crues de la Seine pendant l'hiver de 1881.
1881 — 22 juillet. — B. Sté chim. Action de la lumière sur le chloral.
1881 — 1-8 août. — C. R. Théorie des équilibres chimiques.
1881 — 19 septembre. — C. R. Nouvelle série de sels sulfurés dérivés du sesquisulfure de phosphore.
1881 — 26 septembre. C. R. Études sur l'action chimique de la lumière.
Encyclopédie chimique. Monographie du phosphore et de ses différents composés.
Encyclopédie chimique. Étude sur les équilibres chimiques.
1882 — Ann. chim. et P. Théorie des équilibres chimiques.
1883 — 4 juin. — C. R. Sur le sesquisulfure de phosphore.
1883 — sept. — Ann. Pts et Ch. Crues de l'hiver 1882-1883.
1883 — 22 novembre. — C. R. Action de la lumière sur la réaction de l'acide oxalique sur le chlorure ferrique.
Encyclopédie chimique. L'azote.
1884 — 7 janvier. — C. R. Nouveaux sels sulfurés du trisulfure de phosphore.
B. Sté chim. Études sur les hydrocarbures et les alcools supérieurs dérivés des pétroles d'Amérique.
1884 — 7 avril. — Ann. Sté Mét. Comparaison des grandes sécheresses en France et dans l'Allemagne du Nord.

1886 — B. Sté chim. Action de la chaleur sur la réaction des sels ferriques et de l'acide oxalique.

1887 — janvier. — Revue des Questions scientifiques. Théorie des équilibres chimiques.

1891 — 20 avril. — C. R. Dissociation du bromhydrate d'amylène sous de faibles pressions.

1891 — 17 avril-4-9 mai. — C. R. Études quantitatives sur l'action chimique de la lumière pour la décomposition mutuelle de l'acide oxalique et du chlorure ferrique.

1893 — 24 avril. — C. R. Thermochimie de la dilution du chlorure ferrique.

1893 — mai. — C. R. Réaction des sels ferriques sur l'acide oxalique.

1893 — août. — Assoc. franç. pour l'avancement des Sciences. Action de la lumière sur la réaction des sels ferriques et de l'acide oxalique.

1893 — 1er novembre. — Ann. Chim. et P. Études de dynamique chimique sur la réaction des sels ferriques et de l'acide oxalique sous l'influence de la chaleur.

1894 — 5 mars. — C. R. Dépense d'énergie qui peut correspondre à l'action chimique de la lumière.
Livre du centenaire de l'École Polytechnique. Extrait de la correspondance entre Dulong et Berzélius.

1895 — 25 février. — C. R. Mesure de l'intensité de la lumière par l'action chimique produite.

1895 — août. — Ann. Chim. et P. Études quantitatives sur l'action chimique de la lumière pour la décomposition mutuelle de l'acide oxalique et du chlorure ferrique.

1896 — 15 juillet. — Ann. de Géographie. Essai sur l'hydrométrie du bassin de la Garonne.
Ann. Pts et Ch. Essai sur le problème de l'annonce des crues pour les rivières de l'Ardèche, du Gard et de l'Hérault.

1897 — 11 octobre. — C. R. Transformation du styrolène en métastyrolène sous l'influence de la chaleur.

1897 — 25 octobre. — C. R. Recherches sur les solutions salines : chlorure de lithium.

1899 — 31 juillet. — C. R. Action du magnésium et de l'aluminium sur leurs solutions salines.

1899 — 20 septembre. — Assoc. franç. pour l'avancement des Sciences. Comparaison de diverses propriétés physiques des chlorhydrates de méthylamine et d'éthylamine.

1899 — 6 novembre. — C. R. Transformation du styrolène en métastyrolène sous l'influence de la lumière.
B. Sté chim. Action du magnésium et de l'aluminium sur leurs solutions salines.

1901 — juillet. — Revue des Questions scientifiques. Les chimistes de langue française au xixe siècle.

1904 — Revue des Questions scientifiques. Les travaux et la vie de Paul Hautefeuille.

1907 — 18 février. — C. R. Sur quelques réactions catalytiques effectuées sous l'influence du charbon de bois.

1908 — B. Sté chim. Décomposition des alcools sous l'influence catalytique de la braise.

Revue des Questions scientifiques. L'unité de la matière et la détermination des poids atomiques.

1908 — 29 juin. — C. R. Décomposition des alcools sous l'influence catalytique de la braise.

1912 — 1er juillet. — C. R. Vitesse de décomposition de l'eau oxygénée sous l'influence de la chaleur.

B. Sté chim. Vitesse de décomposition de l'eau oxygénée sous l'influence de la chaleur.

Revue des Questions scientifiques. L'évolution de la chimie physique.

1914 — 31 mars. — Journal de chimie physique. Décomposition de l'eau oxygénée sous l'influence de la chaleur.

1915 — 19 juillet. — C. R. Catalyse de l'eau oxygénée avec les acides et les alcalis.

1916 — 17 avril. — C. R. Catalyse de l'eau oxygénée en milieu hétérogène.

1916 — 1er mai. — C. R. Catalyse de l'eau oxygénée par le platine.

1916 — 8 mai. — C. R. Catalyse de l'eau oxygénée par les oxydes.

1916 — 15 mai. — C. R. Catalyse de l'eau oxygénée par le carbone. Conclusions.

Un demi-siècle de civilisation française (Hachette). Les sciences chimiques.

1917 — Bull. Société d'encouragement. L'enseignement agricole libre.

1919 — B. Sté chim. Action de l'acide iodique sur l'acide oxalique.

1920 — juillet. — Revue des Questions scientifiques. La chimie de guerre de 1914 à 1918.

décembre. — C. R. Réaction mutuelle de l'acide oxalique et de l'acide iodique. Influence de la chaleur et de la dilution.

1921 — juillet. — C. R. Réaction mutuelle de l'acide oxalique et de l'acide iodique. Influence de différents catalyseurs.

# La lutte contre la douleur (1)

Soulager la douleur, c'est faire œuvre divine !

Ainsi parle Hippocrate, le père de la Médecine et ce pouvoir semblait si extraordinaire aux peuples primitifs qu'ils faisaient des demi-dieux de leurs médecins ! Esculape et d'autres n'étaient que les Boerhaave, les Bichat, les Laënnec de ces époques lointaines. De nos jours on ne va pas si loin ; et si le médecin est un dieu lorsqu'on l'attend, quand il est venu il n'est déjà plus qu'un ange et, souvent, quand il est parti, et surtout à la fin de l'année, il n'est plus qu'un diable : ainsi parle la sagesse populaire. Je suis mal placé pour donner mon avis.

Dans cette vallée de larmes la douleur est souvent notre compagne.

Elle nous est imposée et, quand nous contractons avec elle un mariage, ce n'est ni par amour, ni même par raison. Nous supportons cette compagne importune aussi peu que possible et je me propose de voir aujourd'hui avec vous les moyens dont dispose la médecine pour au moins la calmer, sinon divorcer d'avec elle. Comme je ne suis pas dans une chaire de clinique, je ne veux pas vous enseigner l'art de guérir, mais simplement vous donner des clartés, une vue d'ensemble sur les moyens employés pour « lutter contre la douleur ».

Et d'abord, faut-il définir la douleur, la souffrance ? Elle est de ces choses que l'on sent, hélas ! mais que l'on

(1) Conférence faite à l'Assemblée générale de la *Société scientifique de Bruxelles*, à Gand, le jeudi 26 octobre 1922.

ne saurait définir par une formule adéquate à son objet. D'ailleurs, il faut avouer que la médecine, quand elle a défini la douleur : une sensation de peine, désagréable, éprouvée par un sujet, a simplement substitué le mot « peine » au mot « douleur » et l'épithète « désagréable » à son contraire « agréable ». Les dictionnaires n'en savent pas plus et ils définissent la douleur par le mot « souffrance » et le mot « souffrance » par celui de « douleur ». N'empêche qu'en somme, nous savons tous fort bien ce que c'est ; et ce qui nous intéresse plus qu'ne bonne définition, c'est un bon moyen calmant.

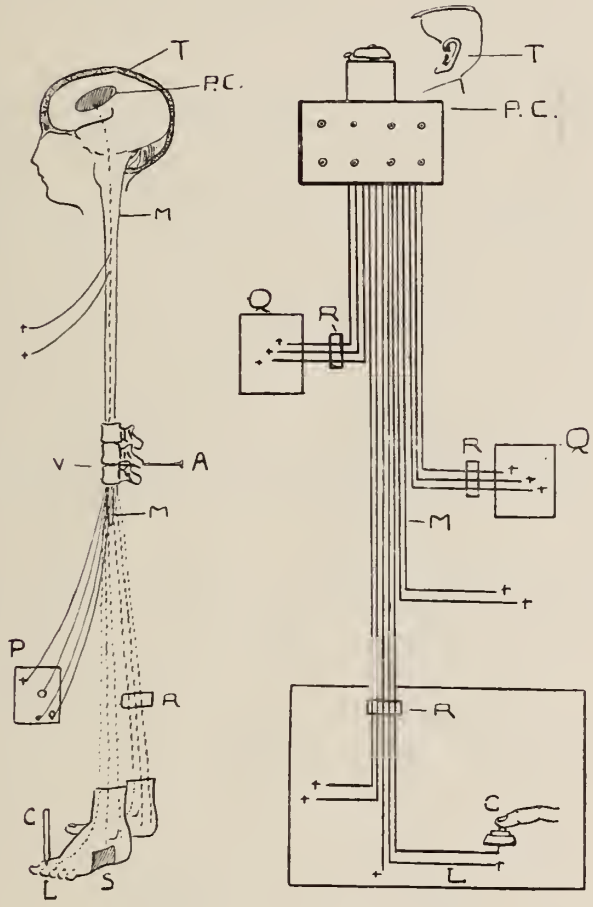
« Tire-moi d'abord du danger, tu feras après ta harangue ».

Puisque nous sentons et souffrons par l'intermédiaire du système nerveux, laissez-moi vous montrer un dessin qui simplifie et résume la constitution du système nerveux, à le considérer au seul point de vue *sensibilité*.

De notre peau surtout, mais aussi de tous les organes internes ou profonds, partent des filets nerveux en nombre extraordinaire.

Prenons plus particulièrement la peau. Prenons-en — P — un centimètre carré par-ci par-là comme un fabricant fait de petits échantillons. Eh bien ! l'expérience montre que si j'explore ces surfaces avec une pointe très fine, nous aurons des points qui, piqués, provoquent de la douleur, d'autres qui ne donneront pas de douleur mais la sensation de *pression*, d'autres qui ne sentent que le *chaud* — + — , d'autres le froid — O — ici le *chatouillement seul sera perçu*, là — o — ni chaud ni froid, ni *sec* ni *humide*, ni piqûre ni pression, rien ne sera senti ; et, je le répète, cela se passe sur un centimètre carré de la peau. Il faut conclure de tout cela que ce n'est pas le même nerf qui va au cerveau porter ces impressions diverses, mais qu'il y a autant de filets que de modes de sensation ; puisque la peau a une surface d'un mètre carré et demi et qu'il faut ajouter les organes internes, vous

voyez ce qu'il y a de conducteurs qui vont jusqu'aux centres cérébraux.




Ces divers filets qui sont microscopiques d'abord, se réunissent et finissent tout de même par former des cordons plus gros qui sont les nerfs; ceux-ci vont former les gros cordons qui arrivent à la moelle — M — logée dans la colonne vertébrale — V — La moelle les conduit dans le crâne, c'est-à-dire au cerveau — P C — qui est leur terminus. C'est là, si j'ose dire, qu'ils communiquent avec l'âme — T —.

Inutile de vous dire qu'il y a des degrés dans la douleur et qu'il y a tous les intermédiaires entre un chatouillement simplement agaçant et la colique, qui fait crier et se tordre un malheureux sur son lit de douleur.

La souffrance comme la vertu et le crime a ses degrés, ses formes, et aussi des réactions variées selon les malades. On mesure le degré de fièvre, mais nous n'avons pas, hélas ! de thermomètre pour juger de la souffrance qu'accuse un malade. D'ailleurs, pour la défense de ceux que l'on appelle « douillets » et qu'on regarde avec une pitié un peu moqueuse souvent, on peut dire qu'au fond il n'y a qu'un mal insupportable, c'est celui que l'on a. Mais quel que soit le degré, quelle que soit la forme, nous ne voulons pas souffrir. Ah ! que nous serions donc heureux si nous étions des êtres physiquement insensibles, sur lesquels la douleur n'aurait pas de prise. Ne plus souffrir, mais ce serait le Paradis sur terre ! — Vous croyez ?

Écoutez ce petit apologue. Il y avait une fois un roi qui souffrait terriblement de la goutte. Il la tenait de son père, et aussi de son cuisinier, et de son maître de cave. Une bonne fée vint à passer par là et, entendant les cris et les imprécations du malade, lui proposa de supprimer, tout d'une, la douleur, pour tous ses sujets, bêtes et gens du royaume. Vous pensez si la proposition fut acceptée. La bonne fée se retira chargée de présents par le monarque, dont la goutte avait instantanément disparu. Elle donna pourtant son adresse.

Ce fut une joie, un délire, du palais à la moindre chaumière !

Le soir même, le bon roi, ayant fait un bon dîner, s'endormit au coin du feu, les pieds sur les chenets. Quand il se réveilla, sa pantoufle était rôtie et une belle cloche sur la peau montrait que sa royale personne avait été détériorée sans qu'il s'en aperçût, puisque la douleur de la brûlure n'avait pas été sentie.

La queue du chien, qui dormait près de lui, avait subi le même sort !

Le lendemain, un des serviteurs tomba d'une échelle et se démit le bras. Comme il ne souffrait pas, on ne s'en inquiéta point tout de suite, mais il perdit bientôt l'usage de l'épaule. Quand le médecin fut appelé, il était trop tard, le mal était irréparable. Les habitants du royaume étaient tout surpris de se découvrir des blessures, des plaies qu'aucune douleur n'avait trahies. Les dames qui portaient des bottines de plus en plus étroites, n'éprouvant aucune gêne, virent des plaies se produire sur leurs pieds mignons. Les blessures, étant négligées, s'envenimaient et jamais les médecins n'eurent plus de besogne que dans ce pays où on ne souffrait plus !

Les affections internes, ne se signalant par rien de spécial, se développaient à plaisir. Les gens mouraient avec des intestins noués et opérés trop tard, bref, la suppression de la douleur amena de si graves conséquences qu'on se décida à rappeler la Fée et l'on comprit alors pourquoi elle avait laissé son adresse, ce que ne font pas d'ordinaire les fées. Le roi la combla à nouveau de présents pour qu'elle rendît la douleur à son royaume. Ce qui fut fait très facilement.

N'est-ce pas le cas de dire : *Mutato nomine de te Fabula narratur?* Si nous changeons les noms, la fable nous concerne.

La douleur est donc utile, plus que cela, elle est nécessaire pour conserver l'humanité et vous voyez bien que ce n'est pas un paradoxe que je soutiens ici.

Je laisse de côté le bienfait moral de la douleur, de la Bonne Souffrance, que nous a fait apprécier le doux poète Coppée.

Ne savons-nous pas tous que la Voie douloureuse, par sa Croix et sa Passion nous conduit aux gloires de la Résurrection, comme le dit chaque jour l'Angélus populaire ?

Mais tout de même, la douleur est souvent nuisible,

souvent redoutable et nous pouvons lutter contre elle. Voyons comment.

La douleur pouvant être considérée comme une sensation poussée jusqu'à un sentiment pénible, elle dépend de notre sensibilité, c'est-à-dire des organes qui chez nous servent aux sensations. Il me faut donc de ceux-ci dire deux mots pour aider à comprendre comment agissent les nombreuses substances employées contre la souffrance.

Pour faciliter la compréhension de ce qui va suivre, je vous demande la permission d'user d'une comparaison, qu'il est facile de suivre sur le schéma donné plus haut.

Dans cette ville comme dans beaucoup d'autres, abondent les postes téléphoniques. Dans les maisons particulières se trouvent les boutons d'appel. Un fil sort de la maison pour porter l'appel au bureau central. Les fils, sortant des différentes maisons, sont réunis dans des tubes de plomb souterrains, puis ces tubes eux-mêmes se groupent en faisceaux plus ou moins gros qui arrivent aussitôt au bureau central où se trouve le personnel chargé du service.

Le bouton d'appel dans chaque maison, C, ce sera, si vous le voulez, le point initial de chaque nerf de notre peau ou d'ailleurs. Les fils sortant des maisons constitueront les nerfs des membres: les premiers tubes, R, seront les nerfs des racines des membres ; la moelle sera représentée par le groupement des gros tubes, M, et le bureau central, P.C., sera le cerveau, l'âme en sera le personnel, T, intelligent par définition.

Je touche un bouton d'appel téléphonique. Au poste central, le personnel est averti, ce qui ne veut pas dire qu'il répond toujours. De même si je touche, pique, presse un point quelconque de la peau, aussitôt le cerveau est averti : là non plus on ne répond pas toujours. Mais c'est là qu'est perçue la douleur s'il y en a, c'est là qu'elle est ressentie, mais aussitôt reportée au point lésé. De même que le personnel central connaît le numéro de l'appareil

qui a appelé, de même nous savons la région qui a été blessée.

Poussons plus loin la comparaison. Si je veux que l'appel téléphonique reste sans réponse, il est facile de comprendre que je puis, ou bien couper le fil sur un point quelconque de son trajet, ou bien éloigner, distraire le personnel, ou encore détraquer les appareils du poste central.

Exactement de même, vous allez voir qu'il suffira ou que je ne presse pas sur le bouton d'appel, que je coupe le nerf conducteur de la sensibilité sur un point de son trajet, ou que j'agisse sur le cerveau par un moyen donné, ou que je distraie l'âme.

En somme, lutter contre la douleur, c'est 1° supprimer la cause de la douleur ; ou 2° empêcher la sensation de blessure ou de souffrance d'arriver au cerveau, ou 3° empêcher l'âme consciente de la percevoir quand elle arrive au cerveau. C'est à réaliser ce desideratum que s'emploie depuis des siècles la médecine.

Mais comment arriver au cerveau si bien enveloppé dans sa quadruple enveloppe, l'une osseuse, les autres molles ?

Vous savez bien, sans que j'y insiste, que le *sang* arrive au cerveau par de nombreux vaisseaux. Si je confie au sang la substance qui doit agir sur le cerveau, son action calmante pourra s'exercer. Pour arriver au sang, la voie employée, pendant des siècles, c'est le tube digestif.

*Voie digestive.*

On avale un médicament contre la douleur. Il est digéré, absorbé, passe dans le sang. Le sang le conduit au cerveau comme dans tout le reste du corps : le problème est résolu, et voilà pourquoi tant de drogues sont avalées.

La morphine, l'opium, la belladone, l'antipyrine, le pyramidon, j'en passe et des meilleurs, exercent leur action calmante sur le poste central, sur le cerveau de telle manière que la douleur est diminuée ou au moins

calmée. Quant à vous dire comment agit intimement le médicament, j'avouerai, entre nous, que nous n'en savons rien ; mais, au fait, cette ignorance a-t-elle jamais troublé la joie de celui qui se sent soulagé par le médicament et ce problème vient-il troubler la paix de son sommeil retrouvé ?

Molière, à la question : Pourquoi l'opium fait-il dormir ? fait répondre : *Quia habet virtutem dormitivam.* Parce qu'il a la vertu dormitive ! Nous n'avons fait que peu de progrès sur ce point.

On voit les avantages de cette méthode. Pas d'appareil, pas d'instruments, une cuillerée de liquide, la drogue dissoute : on avale, et tout est dit.

*Voie sous-cutanée.*

Mais le tube digestif ne digère pas toujours bien les substances qu'il absorbe : comme beaucoup d'Administrations, il est assez lent dans ses opérations et le résultat calmant se fait attendre. Aussi fut-ce un grand progrès quand, au lieu de lui confier le médicament calmant, on l'injecta sous la peau. C'est l'injection sous-cutanée que vous connaissez tous de nom, au moins. Découverte merveilleuse ! Le liquide passe rapidement dans le sang et de là aux centres nerveux, d'où calme rapide, nécessité d'une moindre dose de médicament, parce que rien ne se perd en route comme par la voie digestive.

Par contre, la méthode nécessite une seringue que je mets sous vos yeux en même temps que je fais la démonstration autant pour votre édification que pour vous montrer que l'opération est facile, rapide et non douloureuse. Un point de teinture d'iode sur la peau, une piqûre, c'est fait. Inutile de vous dire que, dans le cas présent, je n'injecte que de l'eau pure. Puis-je ne pas signaler, en passant, que cette petite seringue, si bienfaisante, qui a calmé tant de douleurs, source de tant de biens, est devenue, hélas ! la source de tant de maux ?

C'est grâce à la seringue que la morphinomanie, la cocaïnomanie peuvent faire dans le monde tant de dégâts qu'on se demande si la somme de ses méfaits ne dépasse pas la somme de ses bienfaits !

*Voie intra-veineuse.*

Mais il est des cas où cette injection sous-cutanée ou n'est pas assez puissante contre la maladie ou n'agit pas encore assez vite au gré des malades qui luttent contre la souffrance. Ne pourrait-on pas faire pénétrer le produit plus rapidement dans le sang ? Eh ! pourquoi pas ?

Donnez-moi votre bras. Je place un lien sur le bras, je serre : la veine se gonfle, je la pique, j'injecte le contenu de ma seringue. En deux ou trois secondes, le produit arrive au cerveau où il exerce son action.

C'est la voie intra-veineuse, plus délicate, nécessitant des connaissances spéciales mais qui a l'avantage de permettre une action rapide, puissante et profonde. On l'emploie de plus en plus pour cette raison.

Mais, si les produits calmants que nous connaissons et que nous employons peuvent bien calmer une douleur, ils ne la *suppriment* pas ordinairement. En particulier, les souffrances qu'occasionne une opération ne sauraient guère être supportées, même avec le concours de fortes doses de morphine ou autres produits. Il en faudrait une telle quantité que la vie du malade serait en danger et que, pour n'avoir pas voulu souffrir, il mourrait.

*Les anesthésiques.*

La médecine peut alors vous offrir la méthode qui a reçu le nom d'*anesthésie générale*, celle que tout le monde connaît de nom et parfois par expérience personnelle, sous le nom de chloroformisation ou éthérisation parce que le chloroforme et l'éther sont les médicaments les plus employés, mais non pas les seuls.

Je tiens à signaler tout de suite que l'emploi de ces substances et le recours aux voies respiratoires ne consti-

tuent pas une exception et que *c'est toujours le sang* qui charrie le produit et va le porter au cerveau : c'est simplement une voie nouvelle d'accès au sang.

*Voie respiratoire.*

Vous savez bien que, par les poumons, nous avons une voie d'absorption extraordinaire. Vous savez que nous absorbons l'oxygène de l'air à chaque respiration, et que si nous absorbons des gaz toxiques, nous risquons d'en mourir. N'est-ce pas, hélas ! à deux pas d'ici, à Ypres, qu'un ennemi sans pitié en fit le redoutable essai qui l'a stigmatisé dans le monde ?

Or, il existe des substances : protoxyde d'azote, éther, chloroforme, etc., qui ont la propriété d'agir sur le système nerveux, sur le cerveau et d'abolir la sensation de souffrance. Saluons une fois de plus, MM., les hommes qui, en 1847, employèrent pour la première fois ces inhalations salutaires. En Amérique, Jackson, et Morton, un modeste dentiste, ont l'honneur de cette application nouvelle. Calculez, MM., si la chose est possible, le bienfait qu'ils ont donné aux malheureux. Imaginez ce qu'était une salle d'opération avant eux. Voyez ces victimes que l'on était obligé de lier sur la table opératoire ! Les entendez-vous prier, supplier, pleurer, gémir, crier, hurler, quand le fer ou le feu vient torturer leurs nerfs ? Voyez-vous le chirurgien tailler cette chair palpitante, obligé d'aller vite, plus vite, pour abréger le martyre de sa pauvre victime qui lui devra pourtant la vie ? C'est bien de lui, plus que du matelot, qu'Horace aurait pu dire :

*Illi robur et aes triplex*
*Circa pectus erat qui primus...*

Le public garde encore, par tradition, la crainte des opérations ainsi imaginées par lui. L'opération, disent les gens du peuple, c'est le dernier de tout... « J'aime mieux mourir que d'être opéré », dit celui-ci. « Je ne veux pas être charcutée », dit celle-là, qui a dans l'esprit sans

doute une vision d'abattoir et qui ne pense pas au nom de l'animal des charcuteries. Aussi les noms de bourreau, assassin, écorcheur, saigneur, sont-ils restés dans le langage de ceux qui veulent juger péjorativement un chirurgien ! Il en est !

Nous passons, en souriant, et continuons « à verser des torrents de bienfaits sur nos bruyants blasphémateurs » !

Au contraire, entrez de nos jours dans une salle d'opération et voyez le malade sur le lit. Voyez la compresse, le masque, ou l'appareil plus compliqué, dont on couvre son visage. Le liquide bienfaisant tombe goutte à goutte. Le malade respire doucement, largement. Les vapeurs saturent le sang, l'anesthésique arrive rapidement aux cellules cérébrales, imbibe littéralement leurs petites masses. Quelques paroles incohérentes, quelques mouvements légers et involontaires. Le sujet se sent enlevé, soulevé, il entend des cloches, et bientôt un ronflement sonore, régulier, annonce au chirurgien que le malade est endormi. Le tout a duré de deux à dix minutes, selon le produit employé.

Cela ne vous donne-t-il pas l'envie d'être opéré ?

Ne croyez pas que l'emploi des appareils n'ait pas d'autre raison que d'en imposer aux malades. Le principe des appareils à anesthésier est le suivant. La meilleure anesthésie, la moins dangereuse s'obtient par un *mélange à quantités données d'air et de vapeurs du produit employé.*

La compresse ne peut le donner évidemment, ce mélange précis, les appareils approchent davantage de la proportion désirée, mais ce n'est qu'une approximation.

Et pratiquement, on peut affirmer qu'en somme, si les appareils sont meilleurs, ils ne sont pas indispensables. Leurs qualités sont compensées aussi par la facilité avec laquelle ils se dérangent et par la nécessité qu'il y a de connaître à fond leur emploi sous peine de causer des désastres.

Comme vous n'aurez sans doute jamais à donner votre

avis, je ne vous dirai pas ici les avantages de tel ou tel anesthésique, de tel ou tel appareil. Vous vous en rapporterez pour cela à vos conseillers naturels, médecins et chirurgiens.

J'aime mieux passer maintenant à d'autres procédés qui ont aussi pour but de lutter contre la douleur et toujours spécialement contre les souffrances que provoque une opération.

Mais je vous entends d'ici ! Comment, avec d'aussi merveilleux moyens, vous n'êtes pas encore satisfaits ?

Eh ! mon Dieu, non. La médecine n'est jamais satisfaite. Elle semble avoir pris la devise de Pasteur, je crois : « Le devoir s'arrête là où l'impossibilité de faire mieux commence ».

Or, si belles que soient les anesthésies, les sommeils à l'éther, chloroforme, chlorure d'éthyle, protoxyde d'azote, ont des inconvénients.

Ils provoquent des maux de tête, des vomissements, des syncopes parfois mortelles, et surtout ils vont plus loin que je ne le souhaite. Comment cela ? Par ceci qu'ils suppriment chez un malade autre chose que la sensation de douleur. Ils lui enlèvent aussi intelligence, volonté, mouvement. C'est beaucoup trop.

Le malade est entre nos mains une chose inerte, incapable de donner au dernier moment un renseignement important.

Aussi est-il arrivé des incidents comme celui-ci, par exemple.

Le malade se réveille, se tâte et crie effaré : « Mais, Docteur, vous vous êtes trompé de côté : c'était à droite, et pas à gauche, que j'avais ma névralgie ». Voilà qui n'arriverait pas sans doute si l'opérateur était attentif ; mais non plus, si l'opéré avait gardé sa connaissance.

Ne pourrait-on donc pas obtenir la suppression tout simplement de la douleur seule ?

Oui, et le problème est résolu de la façon la plus élégante.

Mais nous y arrivons par une autre voie que celle du sang irriguant le cerveau.

Reprenons notre comparaison des téléphones. Les boutons d'appel représentent l'endroit « qui fait mal » ; il y a un moyen bien simple d'empêcher l'appel d'arriver au bureau central, c'est-à-dire au cerveau, c'est *de couper le fil* conducteur de l'électricité ou bien le nerf conducteur de l'excitation douloureuse.

Pourquoi ne pourrions-nous pas aussi couper le nerf ? Mais tout simplement parce que ce nerf n'a pas seulement pour fonction de conduire les impressions au cerveau, il n'est pas seulement sensitif, il est aussi moteur, c'est-à-dire qu'il commande aux mouvements.

Ah ! si nous pouvions ne couper que les filets sensitifs, la douleur serait supprimée et le mouvement conservé. Ce serait très beau, mais tout de même le remède serait pire que le mal, car le nerf sensitif, seul coupé, ne se régénérerait pas et la sensibilité perdue pour le temps de l'opération, gros avantage, le serait définitivement, grave inconvénient.

Mais voyez comme les savants découvrent de belles choses !

Il existe une substance qui, injectée autour d'un nerf mixte, c'est-à-dire à la fois sensitif et moteur, a la singulière propriété de supprimer la conduction nerveuse dans le seul fil sensitif et de respecter le fil moteur ! Mieux que cela, elle ne le coupe que pour un temps assez court, puis le nerf revient à l'état normal. Saluez-la : elle s'appelle la *Cocaïne*.

Notez encore que je puis de cette façon couper le fil sensitif sur n'importe quel point de son trajet, *de son origine dans la peau jusqu'au cerveau lui-même*. Je ne suis arrêté que par la facilité plus ou moins grande de déposer la cocaïne sur le conducteur nerveux qui est plus ou moins protégé par des enveloppes fibreuses ou osseuses.

*Anesthésie locale.*

Procédons par étapes et suivez sur le dessin : Je ne veux

qu'endormir *la peau* sur une surface bien limitée. J'injecte à cette place ma solution avec une seringue et une fine aiguille. Dix minutes après, je puis tailler la zone infiltrée, injectée, le sujet n'éprouvera aucune douleur. C'est ce que l'on appelle l'*anesthésie locale*. (En S, sur le dessin.)

C'est déjà bien curieux comme action ; mais il y a plus fort. Je m'explique. J'ai dit : le sujet n'éprouvera aucune douleur, mais il sentira fort bien « qu'on le charcute », comme disait la bonne femme de tantôt ! Mais, il ne souffre pas.

C'est qu'en effet, la cocaïne choisit parmi les nombreux modes de sensibilité que j'exposais plus haut, le seul fil qui correspond à la douleur, et respecte les fils qui transmettent au cerveau les impressions de pression, de chaud, de froid...

*Anesthésie régionale.*

Il y a mieux encore. En effet, vous pensez bien que si le bistouri doit attaquer largement la surface de la peau et en même temps pénétrer dans les chairs, cette injection locale va devenir longue à faire, demandera plus de cocaïne, risquera dès lors d'oublier quelque point, voire d'empoisonner le sujet. Il fallait trouver mieux.

On a agi comme le ferait un ingénieur du téléphone à qui on demanderait de supprimer les appels de tout un quartier. Irait-il, successivement, dans chaque maison, couper le fil ? Nullement. Il se bornerait tout simplement à couper (en R) le câble que forment après leur réunion tous les fils du quartier. D'un seul coup, il trancherait tous ces fils réunis et le but serait atteint.

De même agit le chirurgien.

L'anatomie et la physiologie lui enseignent que telle région, le doigt par ex., a quatre petits nerfs qui se trouvent à la base. Il y fait ses piqûres et le doigt est insensible. De même pour la main, le pied (en R).

*Anesthésie rachidienne lombaire.*

Si le chirurgien opère dans des régions où les nerfs sont nombreux et dispersés, tels, par exemple, la cuisse, le ventre, il se rappellera que les nerfs du membre inférieur, de l'abdomen, pénètrent dans le canal vertébral (en A) et qu'avec une longue aiguille, adroitement glissée entre les vertèbres, il pourra déposer la cocaïne à un véritable carrefour des nerfs. En quelques minutes, les deux membres inférieurs, le bassin, la partie inférieure du ventre sont insensibilisés et l'opérateur pourra amputer la cuisse, la jambe, le pied, il pourra ouvrir le ventre, enlever des tumeurs, pendant que l'opéré cause tranquillement avec une personne quelconque chargée de le distraire.

Cela est devenu banal de nos jours, mais je n'oublierai pourtant jamais l'impression faite sur moi et mon entourage par la première opération de ce genre que je fis, il y a quelque vingt-cinq ans. J'enlevais un long segment du gros intestin et le malade, qui fumait tranquillement sa pipe, demanda à voir ce que j'allais lui enlever !

Voilà, MM., où nous en sommes arrivés et même certains vont plus loin, je veux dire, plus haut encore. On injecte dans la région du cou pour insensibiliser les membres supérieurs et le tronc.

On pourrait faire un petit orifice dans le crâne et aller porter la cocaïne dans le cerveau lui-même. Ce ne serait pas pratique, mais c'est physiologiquement possible, et cela s'est fait pour y injecter le sérum contre le tétanos.

Il y a dans l'application de cette méthode, qui « coupe les nerfs sans les couper », des variantes qu'il est inutile de donner ici, il y a des indications et des contre-indications qu'il faut laisser poser par le chirurgien, il y a des inconvénients — où n'y en a-t-il pas ? — mais il reste que c'est là une remarquable découverte appliquée maintenant, vérifiée, dans tous les hôpitaux du monde et qui, il faut le dire, n'a pas livré son dernier secret. On emploie maintenant la novocaïne ou la stovaïne, supérieures à la cocaïne primitive.

Comme agent local d'anesthésie il faut encore citer, en dehors de quelques substances comme le menthol, le gaïacol, etc., le froid. Avant les procédés dont je viens de parler, on employait assez souvent les mélanges réfrigérants pour faire les petites incisions. Actuellement on a mieux, vous l'avez vu. Je tiens à signaler que la méthode diffère totalement de l'anesthésie générale par les gaz qui empruntent la voie du sang pour arriver au cerveau. Ici, l'action de la cocaïne et de ses dérivés est directe, locale, limitée aux nerfs imbibés. Elle réduit au minimum les troubles de l'organisme et, avec quelques progrès, elle deviendra l'anesthésie idéale.

Il n'est pas défendu d'espérer que l'on trouvera un jour une substance qui, absorbée par une voie quelconque, supprimera la sensation de douleur et laissera les autres facultés intactes.

Nous avons d'ailleurs des moyens qui frisent cet idéal et sont bien connus, mais, malheureusement, ils sont infidèles, difficiles à mettre en pratique. Ce sont les moyens d'ordre *psychique*.

*Anesthésie psychique.*

Puisque c'est l'âme qui souffre, il suffirait d'agir sur elle. Si, lorsque sonne l'appareil téléphonique central, révélant l'appel d'un lointain abonné — je reviens à ma comparaison — si, à ce moment, la demoiselle du téléphone (T) est absente ou distraite — oh ! cela ne leur arrive pas toujours ! — elle n'entendra pas la sonnerie. De même si je distrais l'âme, c'est-à-dire l'attention du sujet, il ne sentira rien de la douleur provoquée en un point quelconque de son organisme. Les exemples abondent dans ce genre.

La peur, l'effroi, l'angoisse supprime bien souvent tout sentiment de douleur. Je l'ai vérifié bien des fois et encore ces jours-ci chez un blessé de mon service que j'interrogeais précisément en vue de cette conférence. C'est un employé de chemin de fer. Son talon se prend dans un

entre-rail. Un train arrive sur lui, il le voit venir, il ne peut dégager son pied, c'est la mort... « Eh bien, mon ami, qu'as-tu dit ? » Il me répond : « Je m'ai dit : Je suis perdu, et j'ai eu la présence d'esprit de m'allonger dans l'entre-voie, dans le sens des rails, et sept wagons m'ont passé sur le pied ». — « As-tu souffert ? » — « Non pas trop !» — L'autre danger, la mort, avait accaparé la conscience. Combien de soldats, dans l'excitation du combat, ne se sont-ils aperçus de leur blessure, parfois grave, qu'à la fin de l'attaque, en voyant couler leur sang ! Leur âme était distraite. La sonnerie de la douleur avait bien sonné, mais la conscience ne l'avait pas entendue : elle était occupée ailleurs.

Une fois la douleur produite, on peut la calmer par des procédés du même genre et évidemment à la condition qu'elle ne soit pas aiguë.

Si Bébé est tombé, vous le calmez avec un bonbon, une belle histoire que vous lui racontez.

Nous entrons là dans les moyens purement psychiques et particulièrement dans la suggestion, l'hypnotisme. Il est des sujets très sensibles à ces sortes de moyens et il est certain que l'on a pu ainsi calmer des douleurs et même opérer. Mais il ne faut pas exagérer et vouloir soumettre les grandes douleurs à ce régime. Je vois encore un brave médecin qui avait entrepris d'insensibiliser une de mes opérées et qui lui répétait avec constance : « Dormez ! je le veux », mais chaque fois que mon bistouri toucha sa peau, elle poussa de tels cris de douleur que force nous fut bien de recourir au classique chloroforme.

Certains chirurgiens se sont rendus célèbres par l'emploi de ces moyens psychiques, où l'on fait appel à des sentiments d'ordre moral pour distraire l'attention du sujet. Dupuytren essayait, depuis quelques minutes, de remettre une épaule luxée chez une marquise du noble faubourg St-Germain. Le chloroforme n'existait pas alors.

La malade se raidissait à la douleur des tentatives, contractait ses muscles et par suite empêchait la remise de l'os en place.

A un moment donné, Dupuytren dit à sa noble cliente, très froidement : « Madame, je m'explique fort bien que votre luxation ne se réduise pas : cela tient de toute évidence à vos habitudes alcooliques... car vous buvez, Madame ». La dame, outrée de colère, de honte et de douleur morale à cette insulte, s'écrie : « Monsieur, vous m'outragez... » Mais cette vive émotion distrait fortement la marquise, la douleur n'est plus perçue, les muscles se relâchent, et Dupuytren profite de ce répit pour réduire la luxation !

L'histoire ne dit pas ce que fit la dame, mais je suppose bien que sa reconnaissance envers le chirurgien fut gâtée tout de même par ce peu galant subterfuge ; une goutte d'encre dans du lait !

Quand je raconte l'anecdote à mes élèves, je leur conseille toujours de ne pas abuser de ce procédé que remplacent admirablement quelques gouttes de solution de cocaïne dans la jointure ou de chloroforme à faire respirer.

Dans ces moyens psychiques à employer contre la douleur, rentrent toutes les méthodes d'éducation qui développent l'énergie morale.

L'histoire nous dit comment les Spartiates, par exemple, développaient cette force morale et chacun connaît l'histoire du petit bonhomme de ce pays qui, ayant volé un renardeau et l'ayant caché sous son manteau pendant qu'on l'interrogeait, fut mordu par la bête, mais ne trahit par aucun signe la douleur qu'il éprouvait. Nous n'en sommes plus là certes, mais il est certain qu'on peut habituer les enfants à ne pas se plaindre pour le moindre bobo. Guetter la douleur, songer à son mal, c'est l'augmenter et la sollicitude des mamans a souvent, sinon créé des douleurs, du moins donné de l'importance à des peines qu'un peu d'énergie n'eût pas laissé percevoir.

Et j'allais oublier le meilleur moyen de lutter contre la douleur, à savoir la *suppression de la cause.* Cela peut paraître enfantin et un peu La Palice ! Il est si naturel et si simple ce raisonnement : « J'ai là quelque chose qui me fait mal, je vais l'enlever ! » Eh bien, c'est une constatation ! combien de gens l'oublient ! Celui-là souffre de névralgies. Ici, comme chez nous, sans doute, il va chez l'apothicaire, il absorbe force pilules et cachets antinévralgiques et, au bout d'un temps donné, il se trouve que la cause est tout simplement une dent malade ! On la traite et la douleur est supprimée en quelques instants. Cet homme a mal à l'estomac. Il se laisse hypnotiser par la quatrième page des journaux, et le voilà se gavant de cachets, poudres, pilules, élixirs.... Or, cet homme est un alcoolique qui s'ignore ou veut s'ignorer tel : l'alcoolisme des classes aisées. Il souffre d'une gastrite alcoolique. Supprimons l'alcool et, si le mal n'est pas invétéré, c'est la guérison rapide !

Je pourrais multiplier les exemples : tous démontreront la vérité du vieil adage : *Ablata causa, tollitur effectus*, trop souvent oublié.

Il me resterait maintenant à parler de la douleur morale, mais ce serait évidemment sortir de mon rayon d'action médicale. Plus que la douleur physique peut-être, elle est la compagne de l'homme sur cette terre.Les causes en sont différentes sans s'exclure et son traitement s'inspire d'autres méthodes.

La lutte contre la douleur physique continue, puisque la lutte contre la maladie, cause de douleurs, continue.

C'est l'honneur de la Médecine de poursuivre sans relâche ce long et dur combat ; c'est sa gloire d'y apporter chaque jour de magnifiques succès, fruit de délicates recherches.

Docteur Delassus,
**Doyen de la Faculté libre de Médecine de Lille.**

---

# LE
# "Philotechnes" de Jordan de Nemore

d'après

## Pierre Duhem et le manuscrit de cet ouvrage possédé par la Bibliothèque de la ville de Bruges

---

Nos lecteurs se rappellent, sans doute, les pages brillantes que Duhem consacra ici même à Jordan de Nemore dans ses *Origines de la Statique* (1).

Quand vécut Jordan ? On ne le sait au juste ; peut-être au XIII^e siècle, mais plus vraisemblablement au XII^e. Où est-il né ? Quelle fut sa vie ? On l'ignore, du moins à peu près ; mais Duhem a glané patiemment tout ce qu'on en connaît et nous en a donné le meilleur précis. En réalité, Jordan n'est plus guère connu que par ses travaux mathématiques. Mais ses ouvrages resplendirent d'un

(1) Le présent article eût assez naturellement formé un chapitre de ma *Notice sur les travaux de Pierre Duhem, relatifs à l'Histoire des Sciences*, qui parut l'an dernier dans la REVUE (t. LXXX, pp. 30-67 et 427-447); mais je ne connaissais pas alors le Ms. 530 de la Bibliothèque de la Ville de Bruges, qui me fournit aujourd'hui ma plus importante source d'information.

J'ai analysé dans ma notice *Les Origines de la Statique*. J'y renvoie le lecteur. Qu'il me suffise de rappeler qu'elles parurent dans la REVUE, du t. LIV (1903) au t. LX (1906), et qu'elles furent ensuite réunies dans un ouvrage séparé, en deux volumes (Paris, Hermann, 1905 et 1906).

Les chapitres auxquels je fais allusion sont : le Chap. V, Les sources Alexandrines de la Statique du Moyen Age, et le Chap. VI, La Statique du Moyen Age. Jordan de Nemore (REVUE, t. LV, pp. 560-596, et t. LVI, pp. 9-66. Ouvrage séparé, t. I. pp. 61-155).

éclat extraordinaire pendant tout le XIIIe siècle et même longtemps après. Seuls les écrits de Léonard de Pise (1), sur des sujets analogues, purent à cette époque leur être comparés.

Sans s'arrêter à tous les travaux de Jordan de Nemore, notre regretté collègue s'est surtout occupé du *Livre des Poids (Liber de Ponderibus)*. Dans des discussions pleines d'une fine critique, il fit passer sous nos yeux plusieurs manuscrits qui nous ont conservé cet ouvrage. En outre, il signala à notre attention deux volumes attribués à Jordan, — l'un d'eux à tort il est vrai — qui furent imprimés au XVIe siècle, sous le titre plus ou moins modifié de *Liber De Ponderibus* (2). Tout cela ne doit plus nous retenir aujourd'hui. Je n'ai rien à ajouter à ce que Duhem nous en a dit dans ses *Origines de la Statique*.

Mais, au cours du dépouillement des manuscrits qu'il fit à cette occasion, un problème se présenta à son esprit, qui aussitôt l'intéressa vivement, et continua plus tard à le préoccuper, car il y revint encore deux fois.

Jordan de Nemore a-t-il écrit un ouvrage intitulé *Philotechnes*, « L'Ami de l'Art » ? Dans l'affirmative, le *Philotechnes* est-il perdu, et de quoi traitait-il ? (3)

(1) Les œuvres de Léonard de Pise ont été éditées, par le prince Boncompagni, en deux volumes in-4°, sous le titre de : *Scritti di Leonardo Pisano, matematico del secolo decimoterzo*... Roma, tipografia delle scienze matematiche e fisiche ; t. I, 1857, t. II, 1862.

(2) *Liber Jordani Nemorarii viri clarissimi, De Ponderibus Propositiones XIII. & earumdem demonstrationes, multarumque rerum rationes sane pulcherrimas complectens, nunc in lucem editus. Cum gratia & privilegio Imperiali, Petro Apiano Mathematico Ingolstadiano ad XXX annos concesso. M. D. XXXIII.*

En colophon : *Excussum Norimbergae per Io. Petreium, Anno Domini, M. D. XXXIII*

*Jordani opusculum de Ponderositate, Nicolai Tartaleae studio correctum novisque figuris auctum... Venetiis, apud Curtium Trojanum, M. D. LXV.*

Ce dernier ouvrage diffère tellement du précédent et des bons manuscrits qu'on ne peut guère l'attribuer à Jordan de Nemore. Duhem en a fait la remarque à diverses reprises.

(3) Dans le § 3 du Chapitre VI, intitulé : « Les *Elementa Jordani*

Si Duhem finit par résoudre à peu près le problème, ce ne fut cependant jamais à son entière satisfaction. Je crois être aujourd'hui plus heureux, et je n'hésite pas à répondre de la manière la plus catégorique : le *Philotechnes* n'est autre chose que le traité *De Triangulis* de Jordan de Nemore publié, en 1887, à Thorn, par Maximilien Curtze, d'après un manuscrit de Dresde (1). Un autre manuscrit que j'ai eu entre les mains à la Bibliothèque de la Ville de Bruges lève les derniers doutes qu'on pouvait encore concevoir sur ce sujet.

On devait le prévoir par le précieux *Catalogue des Manuscrits mathématiques et astronomiques de la Bibliothèque de Bruges*, publié récemment par MM. De Poorter et Alliaume (2). Le manuscrit de Bruges renferme, en effet, un traité de Jordan de Nemore commençant par ces mots : « Philotegni Jordani de Triangulis incipit liber primus ». (Commencement du premier livre du *Philotechnes* ou des *Triangles* par Jordan). D'autre part, l'ouvrage se termine par cette phrase : « Explicit liber Phylotegni Jordani LXIIII^or propositiones continens ». (Fin du Livre du *Philotechnes* de Jordan, contenant 64 propositions). (3)

*super demonstrationem ponderis* ». Revue, t. LVI, 1904, pp. 23-34. Ouvrage séparé, t. I, pp. 112-123.

(1) *Jordani Nemorarii Geometria vel De Triangulis Libri IV.* Zum ersten Male nach der Lesart der Handschrift Db. 86, der kœnigl. öffentlichen Bibliothek zu Dresden herausgegeben von Maximilian Curtze. Thorn. Ernst, Lambeck, 1887. Ce volume forme le 6^e fascicule des Mitteilungen des Copernicus-Vereins für Wissenschaft und Kunst zu Thorn.

(2) Extrait des Annales de la Société d'Émulation de Bruges. Janvier 1915-1922. Tome 68 de la collection, pp. 13-50.

Je saisis cette occasion pour remercier M. l'abbé De Poorter, bibliothécaire de la Bibliothèque de la Ville de Bruges, qui m'a donné, avec obligeance, plusieurs renseignements que j'ai utilisés dans ce travail.

(3) Le manuscrit est coté N° 530. Le *Philotechnes* s'y trouve du f° 1v au f° 8v. L'écriture est de la fin du XIV^e siècle. Le manuscrit est écrit sur vélin. Il appartint d'abord à l'abbaye de ter Doest, située entre Bruges et Blankenberghe ; puis à la célèbre abbaye des

Le manuscrit de Bruges date de la fin du XIVe siècle et le copiste n'est pas un contemporain de Jordan. Le lecteur pourrait donc m'objecter que l'argument n'est pas péremptoire ; que nul n'ignore les altérations de textes commises parfois par les scribes du XIVe siècle.

D'accord ; aussi, pour rendre mon assertion sans réplique, convient-il d'examiner les deux mémoires spéciaux que Duhem a consacrés au problème du *Philotechnes*.

Le premier parut, en 1904, dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA, sous le titre de *Un ouvrage perdu cité par Jordan de Nemore : Le Philotechnes* (1). Dans ce travail, Duhem n'aboutit qu'à cette conclusion : *Le Philotechnes* a existé, et l'auteur en fut probablement Jordan de Nemore lui-même. Comme on le verra, les documents alors à la disposition de Duhem pouvaient difficilement le conduire à un résultat plus précis. Voici le résumé de son argumentation. J'y souligne un contresens dans la traduction d'un texte. Plus tard, cette inadvertance embarrassera notre traducteur et l'empêchera de voir qu'il tenait jusque dans les moindres détails la solution du problème.

Feu Björnbo, bibliothécaire adjoint à la Bibliothèque Royale de Copenhague, enlevé prématurément, il y a quelques années, à la science, venait de publier ses études sur les *Sphériques* de Ménélaus (2). Il y ajoutait, en Appendice, la description détaillée des anciens manuscrits qui nous ont conservé le texte du géomètre grec. L'un d'eux,

Dunes, d'où il passa lors de la Révolution française, à la Bibliothèque de la Ville de Bruges. Le Ms. 530 renferme encore plusieurs autres pièces curieuses.

(1) 3e série, t. V, Leipzig, Teubner, 1904, pp. 321-325.

(2) *Axel Anthon Björnbo. Studien über Menelaos Sphärik. Beiträge zur Geschichte der Sphärik und Trigonometrie der Griechen.* Publié dans les ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN MIT EINSCHLUSS IHRER ANWENDUNGEN, begründet von Moritz Cantor. T. XIV. Leipzig, Teubner, 1902, pp. 1-154.

le manuscrit latin 1261 du fonds de la Reine de Suède à la Bibliothèque Vaticane, contenait en outre le traité *De Ponderibus* de Jordan. A la suite du traité se trouvaient sept propositions étrangères au texte, mais qui semblent y avoir été ajoutées pour aider à son intelligence. La dernière n'était autre que la formule classique de Héron exprimant l'aire d'un triangle en fonction des trois côtés (1). L'énoncé était suivi d'une démonstration. Mais, en marge, le copiste avait écrit cette note : « Haec est pars *Filotegni* et debet ei subjungi ».

A qui soupçonne que le *Philotechnes* est le traité *De Triangulis*, l'idée vient naturellement, après cette lecture, d'ouvrir l'édition de Curtze et d'y chercher la formule de Héron. Or, elle n'y est pas. Peut-être notre chercheur devra-t-il réprimer un premier mouvement de surprise. Cependant, à la réflexion, il s'apercevra que la note du copiste, un peu ambiguë, il faut l'avouer, se précise par cette constatation, et que le sens en devient fort clair. Traduite, mot à mot, elle dit : « C'est là une partie du *Philotechnes* et il faut l'y ajouter ».

Duhem serra le texte de moins près, et plus tard, dans son second mémoire, comme nous le verrons tantôt, il s'en trouva embarrassé. Mais, examinons d'abord le premier mémoire.

Le raisonnement s'y base sur des textes extraits du *Liber de Ponderibus*. Pour le suivre facilement, il importe de ne pas oublier que, d'après notre auteur, le meilleur texte du *Liber de Ponderibus* est celui du manuscrit 1025 (latin) de la Bibliothèque Nationale de Paris. Il est de la main d'Arnaud de Bruxelles, et la copie de notre compatriote a été terminée le 8 novembre 1464. Ce texte, inédit jusqu'ici, est entièrement distinct de celui que

(1) Soient $a$, $b$, $c$, les trois côtés du triangle, $p$ le demi-périmètre, et $s$ la surface : la formule de Héron est :

$$s = \sqrt{p\,(p-a)\,(p-b)\,(p-c)}.$$

Pierre Apian a publié, en 1533, à Nuremberg. J'en fais en passant la remarque, pour épargner des méprises au lecteur.

Un second texte, un peu paraphrasé, écrit également au xv^e siècle, se trouve dans le manuscrit latin 11247 de la même Bibliothèque. Enfin, un troisième texte, mais du xvi^e siècle, se trouve, toujours à la même Bibliothèque, sous la cote 16649 (lat.). Ce dernier a certainement été copié sur un manuscrit du xiii^e siècle, dont un fragment se conserve encore sous le N° 3642 (ancien 1268) à la Bibliothèque Mazarine. Tout cela a été solidement établi dans *Les Origines de la Statique*, mais devait être rappelé. Écoutons maintenant Duhem

Après avoir cité, d'après Björnbo, le passage du manuscrit de la Reine de Suède mentionné ci-dessus, il continue : « De cet ouvrage, c'est-à-dire du *Philotechnes*, nous avons relevé deux autres mentions, elles se trouvent toutes deux dans le texte que nous regardons comme le traité primitif de Jordanus (1).

» La première mention se trouve vers la fin de la démonstration de cette proposition qui est la seconde du traité : *Cum equilibris fuerit positio equalis, equis ponderibus appensis ab equalitate non decedet et, si ab equidistantia separetur ad equalitatis situm revertetur.* Jordanus invoquant une propriété très simple de deux arcs de cercle, la justifie par ces seuls mots : *Sicut declaratum est in Philotechne.*

» Cette mention fait partie du texte du xiii^e siècle (codex Mazarinus 3642) qui orthographie *Filotegni.* La copie de ce même texte faite au xvi^e siècle et contenue dans le manuscrit 16649 (latin) de la Bibliothèque Nationale écrit *Philotegne.* Arnaud de Bruxelles copie *Filoteqni*, tandis que le manuscrit 11247 (latin) de la Bibliothèque

(1) Nous préférons conserver la forme ancienne du nom, qui nous paraît d'ailleurs plus française, et dire : Jordan de Nemore.

Nationale adopte la même orthographe, *Filotegni*, que le manuscrit du XIIIe siècle (1).

» La seconde mention du *Philotechnes* se trouve au cours de la quatrième proposition ainsi énoncée : *Si brachia libre fuerint inequalia, equalibus appensis, ex parte longiori nutum faciet.* Ici encore, à propos d'une propriété très simple de deux arcs de cercle, Jordanus écrit : *Sicut demonstravimus in Philotechne.*

» La proposition où se trouve cette seconde mention manque au fragment du XIIIe siècle que conserve le codex Mazarinus et partant à la copie de ce fragment que conserve le codex 16649 (latin) de la Bibliothèque Nationale. Tous nos autres manuscrits renferment le renvoi que nous venons de citer au *Filotegni* ou au *Filoteqni.* »

De ce qui précède, nos lecteurs ont déjà tiré la conclusion que Duhem va en déduire :

« Ces citations semblent prouver, dit-il, qu'il existait au XIIIe siècle un traité de Géométrie, sans doute de Géométrie pratique, intitulé *Philotechnes.*

» La seconde citation : *Sicut demonstravimus in Philotechne*, paraît indiquer que Jordanus en revendiquait la paternité ».

Après quoi Duhem continue, et c'est ici que je ne suis plus d'accord avec lui :

« Dès lors, on comprend sans peine l'annotation relevée par M. Björnbo dans le Codex Reginensis 1261 lat. : Jordanus avait fait figurer dans le *Philotechnes* le théorème de Héron d'Alexandrie ».

Eh bien ! non. Le théorème de Héron ne se trouve pas dans le *Philotechnes.* Duhem commet, à notre avis, un contresens en traduisant l'annotation relevée par Björnbo dans le codex Reginensis. Mais l'idée préconçue, qu'il

(1) Il nous semble que, sinon Jordan lui-même, du moins plusieurs des copistes ont latinisé le mot « Philotechnes » en lui donnant des formes telles que « Filotegnus, Filoteqnus, Philotegnus, etc. ».

s'était d'ailleurs formée assez naturellement par suite de sa traduction incorrecte, va l'empêcher, dans son second mémoire, d'apercevoir la vérité tout entière. J'y arrive.

Jusqu'ici Duhem ne soupçonne évidemment pas encore l'identité du *Philotechnes* et du traité *De Triangulis*. Malgré l'analyse détaillée que, dans ses *Vorlesungen* (1), Cantor donne de ce dernier ouvrage, le professeur de Bordeaux n'avait guère porté son attention sur les *Jordani Nemorarii de Triangulis Libri quatuor*, publiés, nous l'avons dit, par Curtze, d'après un manuscrit de Dresde. Il semble même n'avoir jamais étudié cette édition, car c'est exclusivement d'après le manuscrit latin 7578A de la Bibliothèque Nationale, qu'il va nous parler du traité *De Triangulis*. Mais, dès qu'il eut déchiffré ce manuscrit, la lumière se fit à ses yeux, et il comprit que le *Philotechnes* et le *De Triangulis* n'étaient qu'un seul et même ouvrage. C'est ce qu'il chercha à démontrer dans un nouvel article intitulé : *A propos du* Φίλοτεχνης *de Jordanus de Nemore*, qui parut, en 1909, dans l'ARCHIV FÜR DIE GESCHICHTE DER NATURWISSENSCHAFT UND DER TECHNIK (2). Toute la première partie de l'argumentation de l'auteur est irréfutable. C'est dans la solution des difficultés restantes après l'établissement de sa thèse, qu'il est moins heureux. Écoutons-le. J'ajouterai, au fur et à mesure, à sa démonstration, les confirmations nouvelles que nous fournissent les manuscrits de Dresde et de Bruges.

(1) *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, 2e édition, t. II, Leipzig, Teubner, 1900 ; pp. 73-86.

(2) T. I, Berlin, Vogel, pp. 380-384.

Le dernier fascicule de ce volume forme des *Mélanges Moritz Cantor* qui furent réunis à l'occasion du 80e anniversaire de la naissance du professeur d'Heidelberg. Ils parurent séparément, en tirés à part, sous le titre de *Festschrift Moritz Cantor, anlässlich seines achtzigsten Geburtstages gewidmet von Freunden und Verehrern*, herausgegeben von Siegmund Günther und Karl Sudhoff. Berlin, Vogel, 1909. L'article de Duhem s'y trouve, pp. 88-92.

Après avoir dit qu'il a trouvé le *De Triangulis* dans le manuscrit latin 7378A de la Bibliothèque Nationale, « Nous croyons pouvoir affirmer, ajoute-t-il, que cet ouvrage est précisément le *Philotechnes.* »

Et la preuve ? C'est qu'on trouve dans le *De Triangulis* les deux propositions invoquées par Jordan dans le *De Ponderibus*, et pour la démonstration desquelles il renvoie à son *Philotechnes.*

Et d'abord : « La propriété géométrique à la suite de laquelle se trouvent ces mots : *Sicut declaratum est in Filotegni*, est celle que le *Liber de Triangulis* formule en ces termes : *Si tres linee in circulo equidistantes equales inter se arcus comprehendant, maxime ad mediam major erit distantia et majorem cum ea circuli partem comprehendet* ; au texte que nous avons étudié, (c'est-à-dire, dans le manuscrit de Paris), cette proposition est la trente-troisième ».

Dans le manuscrit de Dresde, cette proposition est la première du livre III ; en réalité la 33e de tout l'ouvrage, car le Livre I en a 13, et le Livre II, 19, ce qui fait en tout 32. La concordance des manuscrits de Paris et de Dresde est donc ici parfaite (1). Il n'en est pas de même du manuscrit de Bruges, où la proposition est la 26e (2). Mais, cette discordance importe en réalité assez peu ; car, ce qui est essentiel, et ce qui ajoute un poids nouveau à l'argumentation de Duhem, c'est que la proposition se trouve dans le manuscrit de Bruges. Celui-ci est, en effet, le seul qui soit explicitement intitulé : *Philotechni Jordani de Triangulis Liber.* Le mot *Philotechni* fait défaut dans les titres des manuscrits de Dresde et de Paris.

(1) Dans l'édition de Curtze, le Livre III a 12 propositions et le Livre IV 28 ; donc au total 72. Il en résulte que le manuscrit de Dresde a 8 propositions de plus que celui de Bruges.

Je ne connais le manuscrit de Paris que par les citations de Duhem, et j'ignore combien de propositions il renferme en tout, mais au premier abord il semble différer moins du manuscrit de Dresde que le manuscrit de Bruges.

(2) Elle se trouve au f° 4 v°.

Poursuivons. Au *Liber De Ponderibus*, « les mots *Sicut demonstravimus in Philotegni* suivent une conclusion, qui découle de cette proposition du *Liber De Triangulis* : *Si linee equales, in circulis inequalibus arcus resecent, de majori minorem et minori majorem resecabunt ;* cette proposition est la trente-cinquième du texte que nous avons examiné ».

Dans le manuscrit de Dresde, c'est la 3e du livre III ; dans celui de Bruges, la 28e (1). Il serait oiseux de répéter les observations faites ci-dessus à propos de la citation précédente. Cette seconde citation se trouvant, elle aussi, dans le manuscrit de Bruges, confirme de nouveau puissamment la thèse de Duhem.

« Ces deux rapprochements (avec le manuscrit de Paris), dit-il en terminant, paraissent bien établir notre conclusion : Le *Philotechnes*, c'est le *Liber Jordani de Triangulis* ». C'est évident.

Ne semblerait-il pas dès lors que le problème soit définitivement résolu ? Eh bien ! non. Pour notre auteur, il ne l'est pas complètement. Aussi, comme on aura pu le remarquer, le ton de la conclusion est moins affirmatif qu'il ne fallait s'y attendre. C'est qu'il reste à Duhem un dernier doute, dont il aperçoit assez mal la solution.

Dans son *Aperçu historique* (2), Chasles fait allusion à un passage des *Scholae Mathematicae* (3) de Ramus, où

(1) La proposition se trouve, comme la précédente, au f° 4 v°.

(2) *Aperçu historique sur l'Origine et le Développement des Méthodes en Géométrie...*, par M. Chasles, 3e édition, conforme à la première. Paris, Gauthier-Villars, 1889 ; p. 517.

(3) *P. Rami Scholae Mathematicae Libri Unus et Triginta.* Basileae, per Eusebium Episcopum, et Nicolai Fratris Haeredes. Anno M. D. LXIX.

D'après d'anciennes notes, que je n'ai pu vérifier, car l'exemplaire des *Scholae Mathematicae* que j'ai étudié autrefois a péri dans l'incendie de la Bibliothèque de Louvain, Ramus s'est occupé de la formule de Héron dans un Appendice qui suit le Livre 31, et qui est intitulé : *Demonstratio Geodesiae triangularis huc rejecta propter hysterologiam obscuram*, pp. 319 et 320. Je ne saurais, pour le moment,

celui-ci attribue à Jordan de Nemore la démonstration du théorème de Héron. Or, nous l'avons répété, le théorème de Héron d'Alexandrie ne se trouve pas dans le traité *De Triangulis* et cela n'échappe pas au rigoureux et sagace critique qu'est Duhem. D'autre part, le contresens qu'il a commis en traduisant l'annotation du manuscrit de la Reine de Suède, lui fait croire que, d'après le copiste, le théorème de Héron se trouve certainement dans le *Philotechnes*. Est-il certain dès lors que celui-ci ne diffère pas du *Liber de Triangulis* ?

Voilà l'objection dans toute sa force.

On peut admettre, répond Duhem, que certains manuscrits du *Liber de Triangulis* contenaient la formule de Héron, et que c'est dans l'un de ceux-ci que Ramus l'aura trouvée.

Soit ! A cela rien d'impossible. Mais, il est une autre explication beaucoup plus simple. Le manuscrit de la Reine de Suède prouve que la démonstration de la formule de Héron se rencontre parfois à la suite du traité *De Ponderibus* de Jordan. Or, qui mieux que Duhem nous a montré avec quelle facilité les additions de ce genre se soudent à l'ouvrage primitif et finissent par faire corps avec lui ? Ramus aura donc, bien plus probablement, eu sous les yeux un manuscrit *De Ponderibus* qu'un manuscrit du *Philotechnes*. Hypothèse d'autant plus acceptable, que le copiste du manuscrit de la Reine de Suède ne nous dit pas que le théorème de Héron se trouve dans le *Philotechnes*, mais seulement qu'il rentre dans le cadre des matières que Jordan traite dans cet ouvrage, et qu'il faut l'y ajouter : « debet ei subjungi ». Contrairement à l'avis de Duhem, j'en conclurais plutôt, pour ma part, que d'après le copiste du manuscrit de la Reine de Suède, le théorème de Héron ne se trouve pas dans le *Philotechnes*.

préciser les termes dont Ramus s'est servi. Je ne connais pas d'autre exemplaire des *Scholae Mathematicae* dans les Bibliothèques publiques belges.

Je résume.

Le manuscrit de Bruges me paraît trancher définitivement ce point d'histoire si important : c'est que le *Liber de Triangulis* de Jordan de Nemore et son *Philotechnes* ne sont qu'un seul et même ouvrage.

En effet, dans ce manuscrit le traité de Jordan a explicitement les deux titres *Philotechnes* et *De Triangulis*, tandis que le premier des deux fait défaut dans les manuscrits de Paris et de Dresde.

Ensuite les passages du *Philotechnes* invoqués par Jordan se trouvent dans le manuscrit de Bruges, comme dans ceux de Dresde et de Paris.

Enfin, la difficulté subsistant pour Duhem dans le fait que Ramus attribuait à Jordan de Nemore la démonstration d'un théorème relatif au triangle qui ne se trouve pas dans le *Philotechnes*, a son explication naturelle dans le fait, qu'on rencontre parfois cette démonstration annexée au traité *De Ponderibus* de Jordan.

H. Bosmans.

# L'esprit des petites bêtes

## L'« ARAIGNÉE MAÇONNE » (1) ET L'« ARAIGNÉE FILANDIÈRE VELOUTÉE » (2) DE MADAGASCAR

Afin de parfaire quelque peu notre « enquête » au sujet de l'esprit des petites bêtes (3), nous allons aujourd'hui, une fois encore, « assigner à comparaître » pour de nouveaux « interrogatoires » des « Intellectuels », des « Membres de l'Institut », de la gent bestiole.

L'éminent naturaliste que fut Léon Dufour, écrivant un jour au Docteur Auguste Vinson, à propos d'une araignée de nos îles de l'Océan Indien, lui disait : « Malgré mon âge avancé, c'est m'inviter aux noces que de me parler Arachnides. C'est une classe d'animaux industrieux que j'ai aimée et que j'aime encore passionnément. Ils sont, avec les Hyménoptères, l'Institut de l'entomologie ».

Et J. H. Fabre, dans ses admirables *Souvenirs entomologiques* (4), nous a déclaré qu'il faisait commerce d'amitié avec l'Araignée. « Ah ! les beaux problèmes que suscite sa fréquentation ! » s'écriait-il, enthousiaste ; et il ajoutait: « Afin de les exposer dignement, il faudrait la plume d'un Michelet qui a raconté comment, apprenti imprimeur, au fond d'une cave, il entretenait des rapports amicaux avec une Araignée. Et je n'ai qu'un crayon mal taillé.

(1) *Epeira œdificans* (Camboué). — *Nemoscolus Waterloti* (Lucien Berland.

(2) *Epeira Opuntiæ* (Léon Dufour).

(3) Cfr. REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, numéro d'octobre 1921 ; pp. 350-369.

(4) *Souvenirs entomologiques*, neuvième série.

Essayons malgré tout ; pauvrement vêtue, la vérité est encore belle ».

Mon crayon, comparé à celui de J. H. Fabre, n'est qu'une bûche grossière. Néanmoins, m'autorisant toujours des encouragements et des leçons de mon regretté maître qui m'incitait, quelque temps avant sa mort, je l'ai déjà dit (1), à faire dans la grande île africaine, des observations et expériences similaires ou analogues à celles qu'il avait entreprises lui-même en France, j'essaierai, moi aussi, de dire les réponses que l'Araignée a « daigné faire à mes questions ».

I

Il y a quelque trente ans déjà, je faisais un peu diversion à mon ministère apostolique de « pêcheur d'hommes » en me livrant à la chasse de la petite bête. Un jour, sur les bords du lac d'Ambohipo, près Tananarive, l'ardeur dans la poursuite du gibier me poussa jusqu'aux bords de la

(1) Je retrouve, ces jours-ci, la lettre que m'écrivait du « *Hermas* » de Sérignan, le génial et patient observateur des petites bêtes, le modeste et aimable savant à qui j'avais soumis mes premières observations sur la psychologie de la bête : — « J'ai lu avec le plus vif intérêt vos expérimentations sur l'*Halabe* de Madagascar. Il n'est pas sans importance de constater que la latitude et le climat ne modifient en rien la psychique de la bête douée trop précipitamment par le transformisme d'une petite lueur de raison. Ce que vous avez vu concorde de tous points avec ce que j'ai vu moi-même, en interrogeant d'autres espèces, et démontre une fois de plus, de la façon la plus lucide, l'inanité des arguments darwiniens ».

« Je suis très heureux de trouver en vous, un fervent et habile collaborateur pour défricher un champ où je n'ai tracé encore qu'un bien maigre sillon. Il y a tant à faire dans cette voie, où se dresse, il me semble, le bloc d'ébranlement le plus difficultueux pour les théories en vogue aujourd'hui. Si ma vieille expérience en ces choses peut vous être utile, elle est entièrement à votre disposition... Alléché par votre *Halabe*, j'aime à croire qu'un échange de lettres continuera nos relations entomologiques, à mesure que surgiront d'autres données sur le problème de l'instinct... Ce problème, J.-H. Fabre le voit aujourd'hui pleinement résolu, à la claire lumière de cet « *Au delà* », que lui faisait pressentir et espérer son « indomptable foi ».

Source sacrée d'Ankatso où les échansons de Sa Majesté Ranavalona, alors glorieusement régnante à Madagascar, venaient puiser l'eau réservée aux banquets royaux de Tsarahafarta, le « *réfectoire* » du grand Palais ou Rova de Manjakamiadana. Mal m'en prit, car je m'attirai les invectives du gardien de la Source, pour avoir franchi tant soit peu les limites de la zone prohibée !... La bonne Providence me ménagea une compensation à l'humiliation. Non loin de la zone interdite aux simples mortels je remarquai, gisant à terre parmi les graminées, un objet que je n'avais jamais remarqué sur nos Tanety, collines et plateaux dénudés, « crêtes lépreuses »,

« Où frissonnent sous les brises
Quelques maigres herbes grises »

poussant chétivement dans ces terres rouges, argiles latéritiques qui ont fait comparer les régions des hauts plateaux de la Grande île africaine à un gigantesque tas de briques dont elles ont la couleur et la ... fertilité (1). A première vue, l'objet me fit l'effet d'une coquille Ammonite d'un nouveau genre. Mais mon erreur ne fut pas de longue durée, et je reconnus bientôt un nid ou « retraite » d'Aranéide. Retraite assurément extraordinaire et des plus curieuses : en forme de cône en spirale, simulant une corne d'abondance, elle est constituée dans sa partie extérieure ou paroi par un assemblage de matériaux pris au sol ; l'intérieur étant garni d'un revêtement soyeux. L'oiseau feutrant la conque de son nid n'obtiendrait pas mieux. Sous les rayons du soleil, de petites parcelles de quartz brillent aux façades. Un minuscule... « palais de cristal » !

(1) La plus grande partie des terres rouges du centre de Madagascar sont formées de gneiss, de malachites et de granits transformés en *silicate d'alumine* avec *hydrate d'alumine* qui prédomine. Ces terres ne sont pas des « *latérites* », mais des « *argiles latéritiques* » (G. Lamberton).

* * *

Quel était l'état civil de la dame aragne propriétaire et habitante de ce palais ? J'eus assez de peine à déchiffrer les « papiers » qu'elle me présenta. Il me sembla y voir néanmoins qu'elle appartenait à la grande et ancienne famille des « *Epeira* ». Mes jeunes écoliers malgaches, eux, me dirent tout de suite que j'avais affaire à une « *Tsingevina* ». — C'est que l'enfant de la brousse malgache, durant les longues heures qu'il passe aux champs ou sur le Tanety, à la garde du troupeau, s'instruit au grand livre de la Nature et devient ainsi bien souvent un petit naturaliste dont l'esprit d'observation sait, de bonne heure, spécifier ou déterminer une plante ou un animal ; et de façon plus précise, parfois, que ne le ferait un savant *cum libro* en Histoire naturelle. Ce n'est pas cet enfant de la brousse de Madagascar qui, interrogé, sur un insecte, par exemple, de sa région, vous répondra, comme tant de nos enfants de la vieille Europe : « C'est une petite bête ». Il vous dira, sans hésiter, un nom, spécifique à sa manière, et bien adapté aux mœurs ou qualités de l'animal ou de la plante.

Voulant cependant avoir des données moins empiriques sur la Tsingevina, j'en adressai des spécimens à un savant en arachnéologie, M. Mathan Bancks. Celui-ci me répondit, après un examen des sujets, que l'Araignée appartenait bien, en effet, au genre « *Epeira* », et que son nid ou « retraite » était, du moins pour lui, chose nouvelle ; aucun nid d'araignée de ce genre n'ayant été signalé. — Réaumur donna le nom d'Abeille maçonne à l'hyménoptère bâtisseur que l'entomologie moderne appelle Chalicodome. Dans le chapitre de ses *Souvenirs entomologiques*, consacré à ces intéressants insectes bâtisseurs, J. H. Fabre, donnant l'étymologie de cette appellation, c'est-à-dire « maison en cailloutage, en béton, en mortier », fait remarquer que la dénomination de l'insecte serait ainsi on ne

peut plus réussie, si ce n'était sa tournure bizarre pour qui n'est pas nourri de la moelle du grec. — Or, comme je n'ai pas été nourri de cette moelle, je crus pouvoir m'autoriser de Réaumur, et je nommai tout simplement « *Araignée maçonne* » la « *Tsingevina* » malgache ; puis la présentai, sous ces appellations, à l'Académie de Tananarive (1). Plus tard, cependant, afin de donner notoriété plus grande à notre Aranéide bâtisseur, bien qu'ayant un peu « perdu mon latin », je le présentai de nouveau avec détermination sommaire à la docte Assemblée du « Palais d'argent (2) sous la dénomination « *Epeira œdificans* », sp. nov. (3).

Et voici qu'entretemps, un correspondant tananarivien du Muséum de Paris faisait, lui aussi, passer les mers à la Tsingevina. Par-devant l'Aréopage du grand et célèbre établissement scientifique, la petite bête, après un examen approfondi d'un savant arachnologue, M. Lucien Berland, fut déclarée avoir quelque degré de parenté avec les Nemoscolus, araignées de la famille des Argiopidæ ; genre dont M. E. Simon, un maître en arachnologie, a décrit et signalé quelques espèces : Nemoscolus Lauræ de la région méditerranéenne ; Nemoscolus tubivola de l'Afrique australe ; Nemoscolus vigintipunctata du Transvaal. Et la Tsingevina de Madagascar reçut le nouveau nom de « *Nemoscolus Waterloti* » (4), nom historique s'il en fut ! — Elle avait déjà une marraine malgache, elle eut aussi, dès lors, un... parrain « Vazaha » (5). Avec un tel

(1) Cfr. Bulletin de l'Académie Malgache, vol. VI (1908).

(2) Sous le gouvernement *hova*, on désignait par le nom de « Palais d'argent » *(Trano vola)*, un petit palais situé à côté du grand Palais Royal. C'est aujourd'hui le lieu de réunion pour les séances de l'Académie Malgache, fondée à Tananarive, par Galliéni.

(3) Cfr. Bulletin de l'Académie Malgache, *Nouvelle Série* ; Tome III (1916-1917).

(4) Cfr. Bulletin du Muséum National d'Histoire naturelle, Paris. Année 1920, n° 5.

(5) « *Vazaha* » : Par ce mot, les Malgaches désignent les gens qui viennent des pays d'outre-mer, par rapport à leur île ; spécialement ceux de race blanche (les « *Blancs* »).

parrainage on ne peut manquer d'aller loin et de « passer à la postérité » !

Je dirais volontiers, avec J. H. Fabre, que dénommer un animal après l'avoir étudié dans sa structure et classé en des cadres systématiques, ce n'est pas là toute la Science ; reste encore à étudier cet animal dans ses mœurs, ses facultés, en un mot dans sa vie. Pour cette fin la nomenclature, « d'un jour à l'autre changeante et de mieux en mieux croassante », m'est un guide peu sûr. Au lieu de demander à la bête : comment t'appelles-tu ? demandons-lui tout d'abord : que sais-tu faire ? quel est ton métier ? L'insecte m'intéresse beaucoup plus livré à son œuvre que transpercé d'une épingle au fond d'une boîte ou plongé dans les trois-six d'un bocal... L'empaleur d'insectes est souvent plus soucieux de vétilles nominales que de belles réalités (1).

Les Tanety de l'« Imerine » sont bien loin de la rue de Buffon et de la « rue Cuvier » de Paris ; et c'est sans doute pourquoi les mœurs de Nemoscolus Waterloti n'ont pu être étudiées comme le furent celles de Nemoscolus Lauræ qui habite une région plus rapprochée (2). Le désir d'y suppléer m'a fait entreprendre une étude biologique succincte de notre Araignée maçonne, des hauteurs centrales de la Grande île africaine (3).

(1) *Souvenirs entomologiques*, passim.

(2) Les mœurs du *Nemoscolus Lauræ* ont été étudiées par Mme Jeanne Berland, en deux notes : ARCHIVES ZOOL. EXP. 1913, NOTES ET REVUE ; id. 1917, NOTES ET REVUE.

(3) On rencontre aussi l'Aranéide bâtisseur sur le littoral de l'île. M. Decary, dans une note présentée à l'Académie malgache de Tananarive, et plus récemment, dans une étude sur le *Sud de Madagascar*, l'a signalé comme habitant la région de l'Androy ; faisant remarquer qu'il existe une petite différence entre l'aspect du logement de l'araignée de l'Androy et celui de l'araignée de Tananarive. C'est que, chez la première, le logement, fait de sable agglutiné par de la soie, est absolument blanc, tandis que chez la seconde, comme il est fait de terre latéritique, il est plutôt brun-rougeâtre. (Cfr. *Monographie du District de Tsihombe* : BULLETIN ÉCONOMIQUE DE MADAGASCAR. Premier trimestre, 1921.)

Les sujets bien vivants ne devaient pas me manquer. J'en trouvai en grand nombre sur divers points de la région, non seulement de Tananarive, mais aussi d'Ambohibeloma, au district d'Arivonimamo. J'observai tout d'abord que l'aranéide ne laissait pas sa demeure ou « retraite » par terre, mais la suspendait aux graminées par des fils savamment ordonnés et combinés. Afin de pouvoir mieux observer, d'une façon permanente et continue, cet intéressant spécimen de notre faune arachnologique, j'établis chez moi, bien à ma portée, sur le regard de la fenêtre de ma case, des « observatoires » constitués avec des vases ou récipients divers contenant des matériaux pierreux semblables à ceux du sol hanté par l'araignée, à la campagne, et aussi quelques plants de graminées où elle suspend sa « retraite » sur le Tanety. Puis, par un « crochetage » opéré délicatement, il me fut possible de transporter plusieurs de ces « retraites » avec leurs occupants dans les dits « Observatoires ».

Je vis l'aranéide relever et hisser, sans tarder, sa maison de pierre sur les plants de graminées. Et je constatai que la petite bestiole relevait de terre et remontait, à près de cinquante à soixante fois la hauteur de sa taille, un poids environ cent fois supérieur à celui de son corps qui ne pèse que quelques milligrammes, tandis que celui de sa « retraite » est d'environ un gramme ; à peu près comme si un homme d'une taille de 1,80 m. et du poids de 100 kil. soulevait de terre à 100 mètres de hauteur plusieurs milliers de tonnes !... De quoi rendre jaloux Hercule, si les dieux n'avaient pas déserté l'Olympe... Pallas n'y fut-elle pas jalouse, jadis, des tapisseries d Arachné? En comparaison de notre Araignée maçonne hissant sa maison de pierre, l'Araignée de J. G. Romanes hissant la grosse mouche qu'elle a capturée ne semble-t-elle pas être un peu malingre ? (1)

(1) Une autre araignée... herculéenne de Madagascar, m'avait été signalée jadis par M. le Gouverneur G. Julien, alors Adminis-

Le « palais de cristal » suspendu par l'araignée, comment celle-ci va-t-elle l'approvisionner, le ravitailler ? Je la vois bien se tenir à l'entrée de sa retraite, immobile, comme à l'affût de quelque proie qui viendrait à passer à sa portée. Or, rien dans la maison de pierre ne semblait attirer particulièrement les passants ; je me disais que le

trateur-Chef de la Province de Tuléar, dans le Sud de la grande île africaine. Elle a été, depuis, observée et étudiée par M. Decary, dans la Province de Fort-Dauphin, au District de Tsihombe : « Cette araignée, de taille ordinaire, utilise pour nids des coquilles de mollusques qu'elle suspend aux basses branches des arbrisseaux. Ces coquilles qui appartiennent aux genres Helix, Bulmus, Cyclostoma, sont très abondantes dans la région du Faux-Cap. L'araignée, après avoir choisi une coquille de taille proportionnelle à la sienne, en tapisse légèrement le sommet de soie blanche, attache un fil à cette soie, puis monte, allongeant son fil à mesure, sur une branche située au dessus du coquillage utilisé, à laquelle elle attache l'autre extrémité de son fil. Ce premier fil en place, elle le double d'un certain nombre d'autres brins. Le câble ayant atteint la résistance jugée nécessaire, l'araignée, cramponnée à la branche, le pelotonne entre ses pattes et hisse ainsi sa demeure jusqu'à une quinzaine de centimètres de la branche. Elle renforce encore le câble d'attache et s'installe dans la coquille dont l'ouverture est dirigée vers la terre. Quand l'araignée a grossi et ne se sent plus à l'aise dans son logement, elle l'abandonne, choisit une autre coquille et la hisse comme la première, à moins qu'elle n'en découvre une déjà suspendue et non occupée. Elle paraît se nourrir uniquement des insectes qui pénètrent imprudemment dans sa coquille. Au moment de la ponte, elle ferme la coquille par une toile tendue un peu en arrière de l'ouverture. Les œufs sont enveloppés dans un cocon de soie de la grosseur d'un grain de raisin. Les jeunes araignées quittent la mère quand elles sont encore très jeunes et suspendent aussitôt une demeure aérienne proportionnée à leur taille ».

M. Decary a pesé quelques-uns de ces coquillages ainsi que les araignées qui les habitaient. Voici quelques-uns des nombres trouvés :

1° Araignée : 2 décigrammes 5 ; coquille : 50 décigrammes. 2° Araignée : 4,2 décigrammes ; coquille : 64 décigrammes. 3° Araignée : 4,7 décigrammes ; coquille : 92 décigrammes. — *Moyenne approximative* : Araignée : 3,6 décigrammes ; coquille : 6,8 décigrammes.

On voit donc que cette araignée développe un effort considérable par rapport à sa taille, puisque, pour mettre en place la coquille qui lui servira de nid, il lui faut soulever et hisser directement un poids dépassant vingt fois celui de son corps. Cfr. COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE MALGACHE, séance du 23 mai 1918.

propriétaire et sa famille pourraient bien être exposés à souffrir de longs jeûnes, ce qui, d'ailleurs, est assez fréquent chez la gent aragne où l'on ne « mange pas tous les jours et dont les estomacs sont complaisants ». C'était bien mal connaître les ressources et moyens de la Tsingevina. Je ne tardai pas, en effet, à voir qu'elle dispose d'un attirail de chasse qui lui permet captures nombreuses.

En prolongement de sa retraite, l'Araignée maçonne établit une toile conique en forme de nasse renversée dont la large ouverture est fixée au sol. Comme le pêcheur lance son filet épervier dans le fleuve ou la rivière, la Tsingevina lance son « Iragnou » sur le Tanety ; et tout menu gibier ou fretin passant aux environs est arrêté dans les mailles du piège, puis ligoté par l'araignée qui l'emporte et puis le mange.

Mais si le passant est de taille, a bec et ongles, c'est le rets qui est emporté ; et :

> « La pauvre aragne n'ayant plus
> Que la tête et les pieds, artisans superflus »,

serait elle-même enlevée, si elle ne se dérobait en battant en « retraite ».

Comme les araignées, les croquants des humains tendent aussi leurs rets sur la terre. Les imprudents et les faibles s'y laissent prendre ; les sages et les forts passent à travers, rompant les mailles insidieuses.

Dans sa maison de pierre, l'araignée maçonne, douée comme tant d'autres mères araignées d'une tendre sollicitude à l'égard de sa progéniture, ménage pour celle-ci un appartement garni d'une chaude tenture de tissu soyeux, et mis en bonne place, afin d'être protégé et défendu contre les intrus malintentionnés. Ce sera la chambre des berceaux, la « Nursery » de la famille. Là, les petits de la Tsingevina seront sevrés de bonne heure. Encore en bas âge, architectes et maçons précoces, ils quitte-

ront la maison maternelle pour commencer à se bâtir une demeure indépendante ; et je ne pus en croire mes yeux d'abord quand, dans mes « Observatoires », les petites Tsingevina se sont mises à hisser des matériaux pierreux, blocs cyclopéens par rapport à leur minuscule personne, afin de commencer les fondations de leur maison de pierre qui ira progressant, à mesure que le petit propriétaire constructeur croîtra lui-même en âge et en forces. Et si j'enlève et mets à terre les premières assises de la bâtisse du bébé maçon, il les relève, les hisse et les suspend de nouveau, de par une manœuvre habile semblable à celle qui est mise en œuvre pour la même fin, par la maman adulte. Et tout comme cette maman, le bébé établira la toile de prolongement ou de ravitaillement selon un type déterminé et adapté pour le mieux à la conservation de l'individu et de l'espèce. En agissant ainsi, l'araignée maçonne de Madagascar ne porte-t-elle pas aussi une pierre à l'édifice des lois de la vie ? — « Chez la bête, quelques jours ou quelques heures après sa naissance, la vie en elle bat son plein. Son éducation est faite. En suivant son instinct ou son plaisir elle sait tout ce qu'elle a besoin de savoir, et elle fait tout ce qu'elle a besoin de faire... Elle sait le métier qu'elle doit remplir ; et elle le remplit en perfection... Et en même temps que son métier individuel, elle réussit admirablement son rôle social : elle ne se dérobe ni à sa part de travail pour l'intérêt commun, ni aux soins nécessaires pour la conservation de la race » (1). — Petite Tsingevina malgache, te voilà, dès lors, et à bon rang, parmi ces intéressants animaux auxquels, d'après un écrivain en grande vogue, de nos jours, « serait due une place réservée sur le Tableau d'honneur du monde » ! — Une petite bestiole transmet d'emblée à ses enfants son savoir-faire, et l'homme ne le peut ! — « Quel avantage incommensurable pour l'humanité, si nous étions moins

(1) Antonin Eymieu, *La loi de la vie.*

exposés à voir l'oisif remplacer le laborieux, le crétin l'homme de talent ! Ah ! pourquoi le protoplasme évoluant d'être en être par ses propres énergies, n'a-t-il pas conservé jusqu'à nous quelque peu de cette merveilleuse puissance dont il gratifiait si largement la petite bête ? C'est qu'apparemment en ce monde, l'évolution de la cellule n'est pas tout » (1).

* * *

Jusqu'ici l'observation. Faisons intervenir l'expérience.

Il en coûta la vie, dit-on, à certaine autre bête « porteuse de maison »,

« Qui, lasse de son trou, voulut voir le pays. »,

La propriétaire et habitante de la maison suspendue, l'araignée maçonne, elle plus sage, afin de voir le pays, reste prudemment à son balcon ou belvédère. Si je mets à terre sa maison, la Tsingevina se hâte de la relever, de la hisser et de la suspendre encore, malgré la somme d'efforts industrieux à dépenser pour l'opération. Il lui faut les sommets, et elle paraît avoir horreur du terre à terre. C'est d'ailleurs, ce semble, pour elle et sa progéniture affaire de vie ou de mort ; des ennemis de toute sorte et en nombre courant le Tanety.

Dans un de mes « Observatoires », une araignée maçonne qui va bientôt être mère a ainsi relevé, hissé et suspendu sa demeure à l'un des plants de graminée. Je mets la bâtisse par terre, après l'avoir démolie à moitié. La façade ou partie intérieure reste seule debout. Que va faire l'habile constructeur ?... Sans doute il va prendre les matériaux qui sont là, à portée de sa... patte, et réparer les ruines ; ou bien, abandonnant ces ruines, bâtir une demeure nouvelle. J'ai éventré l'appartement qui doit être la « Nursery » ou chambre de berceaux de l'araignée, il y a urgence

(1) J.-H. Fabre, *Souvenirs entomologiques.*

pour la jeune mère à remettre en bon état la « retraite » et le nid désemparés. La bestiole n'en a cure et se hâte de relever et de suspendre les ruines branlantes de ce qui fut sa « solide et luxueuse architecture », comme si le grave accident de la démolition n'était pas survenu. Et c'est dans l'appartement éventré, ouvert à toutes les intempéries et à tous les intrus, que la mère aragne pondra ses œufs, établira sa progéniture, sans réparer ou aveugler la brèche désastreuse.

Voici une autre mère Tsingevina qui, elle, a déjà ses petits confortablement et chaudement installés dans la chambre aux berceaux du manoir. Je mets encore à terre la bâtisse, après l'avoir ébréchée, de telle sorte que la chambre aux berceaux ne soit plus protégée et défendue contre les ennemis de l'extérieur. La bestiole relève, hisse et suspend de nouveau sa « retraite » en ruines avec le nid, tout comme si l'accident désastreux survenu de par mon intervention n'avait pas eu lieu. Incroyable aberration de la maternité !

Après des expérimentations et observations semblables concernant la « Lycose de Narbonne », J. H. Fabre écrivait (1) : « De ses huit yeux où brille l'éclair des gemmes l'Araignée mère devrait reconnaître sa méprise : La stupide n'y prend garde... Sa tendresse pour sa progéniture ne dépasserait-elle guère celle de la plante qui, étrangère à tout sentiment affectueux, semble néanmoins avoir, à l'égard de ses graines, des soins d'une exquise délicatesse? » — Ce qui, bien entendu, ne veut pas dire que la bête ne diffère pas dans ses activités psychiques de la plante. Si toutes les deux ont des opérations à finalité dynamique, à celle-ci manque cette connaissance sensible qui enrichit celle-là de représentations des objets du dehors dont elle l'informe en quelque manière, s'accumule en images et souvenirs dont l'association meut l'animal par évocation

(1) *Loc. cit.*

de plaisir ou de douleur, d'attraits ou de répulsions, selon les circonstances du milieu et de l'organisme, d'une façon pouvant présenter parfois certaines analogies avec une connaissance raisonnable ou intelligente.

Et c'est ainsi, je l'ai remarqué dans mes expérimentations et observations en cages d'études, que si l'araignée maçonne ne répare pas sa « retraite » et son nid en ruines, dans les circonstances particulières que j'ai fait naître, les motions instinctives de la petite bête ayant fourni toute la somme du travail admirable nécessaire pour la construction et aménagement de l'édifice ; d'autres motions, de par cette connaissance qui distingue essentiellement l'animal du végétal, semblent diriger l'araignée mère pour qu'elle vienne en aide cependant à sa progéniture en quelqu'autre manière. Ce que ne fera pas, si je ne me trompe, une plante, ni même tel ou tel de ces amphibies que les classificateurs ont placés tantôt dans le règne végétal, tantôt, de par certaines analogies organiques, dans le règne animal ; l'éponge, par exemple.

* * *

Je vois ici l'« avocat » de la petite bête se lever à la « barre » et je l'entends dire : Il ne s'agit pas, « en l'espèce », de « plaider » pour ou contre la différence essentielle entre l'animal et le végétal. Passons.... l'Éponge, et revenons à l'Araignée. Vous jugez la Tsingevina mère à votre point de vue, sans tenir compte d'une pièce importante de son « dossier ». Ne l'accusez pas d'aberration, de stupidité et de manque d'intelligence dans sa sollicitude maternelle. Elle ne voit pas comme vous et moi. — Vous n'ignorez pas, sans doute, le dimorphisme des yeux chez les Epeires où les bâtonnets sont situés aux extrémités des ommatidies dans les yeux médians antérieurs, tandis qu'ils le sont plus profondément dans les yeux médians postérieurs ; les éléments rétiniens étant aussi plus petits et plus serrés dans les yeux à bâtonnets terminaux, plus larges et moins

nombreux dans les yeux à corps bacillaires profonds (1). Les organes de la vision chez les araignées ne perçoivent que les masses (2). Ils ne sont pas convergents ; de sorte qu'un objet vu de telle façon par un de ces organes sera vu différemment par un autre (3).

Rappelez-vous les recherches expérimentales de Félix Plateau au sujet de la vision chez l'« Epeire cornue » (4). Un peu comme votre « Epeire maçonne », elle habite ordinairement une loge de tissu assez serré qu'elle a fixé à un épi de graminée courbé d'une façon caractéristique. L'animal y attend que des secousses l'avertissent qu'un insecte est pris entre les fils de sa toile tendue sous la loge dans un plan à peu près vertical. Sur les réseaux du centre de cette toile, Félix Plateau ayant jeté « un petit système double constitué par une mouche vivante reliée par un bout de fil de 1 1/2 centimètre de longueur à une mouche artificielle formée d'un petit morceau de plume d'un gris foncé, l'araignée se précipita tout d'abord non sur la mouche vivante, mais sur la mouche artificielle en plume » (5). Et votre maître H. Fabre dont vous vous autorisez n'a-t-il pas écrit que les Epeires sont d'une « extrême myopie » ?

Je réponds tout d'abord que le savant Membre de l'Académie royale de Belgique, Félix Plateau lui-même, à qui j'avais, il y a déjà longtemps, soumis « conclusions » formulées après observations et expériences, « enquêtes » avec « interrogatoires », chez d'autres araignées de Madagascar, non seulement n'y fit aucune objection, mais

(1) Grenacher, « *Untersuchungen über das Sehorgan der Arthropoden* ». Göttingen.

(2) Dugés, *Traité de physiologie comparée de l'homme et des animaux*, Paris.

(3) Dr F. A. Aveling, *Conférence sur l'intelligence des animaux*, à University College, de Londres.

(4) « *Epeira apoclisa* », Walck. — « *Epeira Cornuta* », Clerck.

(5) Félix Plateau, *Recherches expérimentales sur la vision chez les Arthropodes*, Bruxelles.

daigna même les approuver. — « Je vous remercie cordialement, m'écrivait alors le docte professeur de l'Université de Gand, de votre notice sur l'Araignée, qui m'a considérablement intéressé, non seulement pour les observations curieuses qu'elle contient, mais de plus parce que nous sommes absolument d'accord quant à ceci : qu'une foule de choses citées et recopiées sur l'intelligence des animaux sont tout simplement de l'instinct.

H. Fol a donné de l'instinct la définition suivante qui est la seule bonne : *L'impérieuse nécessité que ressent un animal d'effectuer un acte dont il ne comprend pas la portée* (1).

Avec cette définition on peut marcher en avant ; et, de bonnes expériences aidant, mesurer en quelque sorte ce qu'on appelle l'intelligence des bêtes.

« Je vous adresse à mon tour une notice sur la vision chez les Arachnides ; vous y trouverez des expériences qui ne sont pas sans analogies avec les vôtres. »

Et puis, ces mêmes naturalistes dont on m'oppose les expériences et observations semblant indiquer le peu de développement des sensations visuelles, la « myopie extrême » chez les araignées, ont conclu, d'après d'autres expériences et observations, que cette « carence » de sensation visuelle était compensée par un développement considérable des sensations tactiles.

Félix Plateau, dans son étude citée plus haut, nous dit, en effet, qu'il a « induit plusieurs fois en erreur des Epeires, à l'aide d'une mouche artificielle en plume ; elles se précipitaient dessus ; puis reconnaissant, au toucher, qu'il

(1) Félix Plateau voit, sans doute, aujourd'hui, à la lumière de l'*Au-delà*, que cette définition de l'instinct n'est pas la « seule bonne », mais encore qu'elle n'est pas parfaitement « bonne »; comme, d'ailleurs, beaucoup d'autres émises par divers naturalistes et psychologues qui ont cherché à élucider toutes les inconnues du problème de l'instinct, s'en approchant, « brûlant » plus ou moins, mais sans parvenir, que je sache, à découvrir la... « cachette ».

ne s'agissait pas d'une proie bonne à sucer, elles entortillaient le petit pinceau dans un paquet de fils et le faisaient tomber hors de la toile » (1).

Et H. Fabre fait remarquer que, d'après ses expériences et observations, « si les yeux sont des guides insuffisants, même de très près, pour les Epeires, afin d'apercevoir la proie qui vient de donner dans leurs toiles ou le leurre qui a été substitué à une vraie proie, la trépidation de la toile les attirera du fond de leur embuscade ; et le leurre, comme le vrai et habituel gibier, sera exploré, tout d'abord, des palpes et des pattes » (2).

Enfin un sagace et savant observateur des Aranéides de nos trois « Iles sœurs » de l'Océan Indien (La Réunion, Maurice et Madagascar), le regretté Docteur A. Vinson, que je m'estime heureux d'avoir eu aussi pour initiateur et maître en arachnologie, fit remarquer, il y a déjà longtemps, qu'on trouve dans ces îles des Araignées de jour ou diurnes et des araignées de nuit ou nocturnes.

En étudiant les Aranéides, ainsi que je l'ai fait dans la nature, des observations précises m'ont convaincu que certaines araignées sommeillent la nuit sur leurs toiles inactives, et d'autres, retirées au contraire et endormies durant le jour, ne se livrent à la chasse que dans les ténèbres.

« Mais c'est surtout dans le grand et magnifique genre des Epeires que le contraste des Epeires nocturnes d'avec les Epeires diurnes rend la différence bien plus sensible que dans les autres genres.

Les Epeires diurnes étalent au soleil des toiles permanentes où elles se tiennent le jour ; les Epeires nocturnes n'établissent les leurs que pour la nuit ; et, le jour, elles se cachent dans des « retraites ». — Si le jour vient à s'assombrir par des nuages ou des brumes, quelques-unes

(1) Félix Plateau, *Loc. cit.*
(2) J. H. Fabre, *Loc. cit.*

se persuadent que la nuit est proche et elles commencent à établir leurs toiles. Quelques-unes aussi, sombres et ternes le jour, offrent à la lumière artificielle des couleurs très brillantes ; la face polie et violacée de leurs pattes repliées le jour, est étalée la nuit. Les couleurs jaunes dont quelques-unes sont revêtues, paraissent très vives ; enfin, chaque petit poil blanc dont le corps est hérissé, en se redressant, présente un éclat remarquable à la lumière.

« Si on les enferme dans un flacon et qu'on y mette de petits papillons, ceux-ci sont épargnés tant que dure le jour ; le lendemain on n'en trouve plus que les débris ; les lépidoptères ont été dévorés durant la nuit. Elles se tiennent contre le bouchon, et ne font aussi leur toile que la nuit. Ces Epeires aux mœurs si singulières sont donc de vrais « nocturnes » (1).

Léon Becker a observé qu'une Aranéide, l'Atype (2), se livrait à son admirable travail avec une incroyable activité durant la nuit, tandis qu'elle semblait se reposer le jour, et il relate les observations de M. Moggride au sujet d'autres Aranéides nocturnes qui, « passé neuf heures du soir, sortent de leurs terriers pour établir, à la hâte, une toile grossière dans les herbes du voisinage ; puis rentrent dans leurs trous dont elles ont laissé les portes entr'ouvertes ; et dès qu'une proie est prise au piège, on les voit se précipiter sur la toile, saisir la pauvre insecte et l'entraîner chez elle pour la dévorer » (3).

Or, d'après diverses expériences et observations, que j'ai faites moi-même sur la Tsingevina, en cages d'études, il m'a semblé que notre « Epeire maçonne » était douée, elle aussi, de sens tactile notable, mais encore d'un certain

(1) Cfr. *Aranéides des îles de La Réunion, Maurice et Madagascar*, par Vinson Auguste, Paris.

(2) *Atypus pileus* (Sulzer).

(3) Cfr. *Quelques mots sur les travaux des araignées*, par Léon Becker. (Extrait des Comptes rendus de la Société Entomologique de Belgique ; vol. XXI des Annales).

sens visuel qui s'exercerait de jour et de nuit, mais plutôt de nuit. Elle serait donc à placer parmi les nocturnes plutôt que parmi les *diurnes*. C'est donc une noctambule, et l'éclair des gemmes de ses huit yeux l'illuminerait surtout dans les ténèbres. En plein jour, ayant jeté un petit insecte vivant sur la toile en prolongement de la «retraite» de l'Epeire maçonne, j'observai qu'il se produisit aussitôt un mouvement particulier, comme une secousse ou ébranlement des fils de réseau ; et je conjecturai que la Tsingevina devait se dire sans doute :

« Voilà commencement de chère et de festin ».

Mais alors pourquoi l'Aranéide ne s'empresse-t-il pas de sortir de sa « retraite » pour venir capturer l'insecte ? Etait-ce que :

« Le mets ne lui plut pas, il s'attendait à mieux,
Et montrait un goût dédaigneux. »

C'était plutôt, si je ne me trompe, que les organes visuels de l'Epeire maçonne apercevaient là, tout près de sa « retraite », une énorme chose plus ou moins remuante, fort étrange pour elle, et s'en méfiait. De fait, dès que ma personne curieuse se fut reculée et un peu éloignée, la Tsingevina accourut de son antre, s'empara de l'insecte et l'emporta. J'ai fait d'ailleurs la même observation, lors de mes expériences relatées plus haut, sur les agissements de notre Araignée maçonne, quand mon intervention dérangeait son œuvre, décrochait et mettait à terre son petit « palais de cristal » suspendu. Tant que je me tenais tout près, afin de bien voir, la propriétaire ne bougeait pas. Dès que je m'étais éloigné, elle sortait pour venir remédier à l'accident.

J'ai observe cependant que certaines Tsingevina, peut-être encore jeunes, moins prudentes ou plus naïves, se hâtaient de fondre sur la proie et s'en emparaient.

Il faut à l'Epeire maçonne la « viande saignante » d'une proie vivante ; elle dédaigne un « corps inerte à fluides

stagnants ». Ayant placé dans les réseaux de sa toile un cadavre de Diptère, l'Araignée qui se tenait à l'affût dans l'antre de sa « retraite », se précipita sur ce que la trépidation de sa toile et son sens tactile lui faisaient conjecturer devoir être une bonne aubaine, sans qu'elle eût cependant, semblait-il, de par son sens visuel, perception précise de l'objet ; car ce ne fut qu'en s'approchant du cadavre que la Tsingevina reconnut qu'il n'y avait pour elle rien à manger ou plutôt à ... sucer.

« Et il lui fallut à jeun retourner au logis. »

Les choses semblent encore se passer de même manière quand la proie bien vivante que j'offre à la Tsingevina adulte ou jeune ne lui dit rien qui vaille, pour un motif ou pour un autre. Ayant jeté à la toile d'une Tsingevina un puceron de belle taille et plein de vie, l'Epeire maçonne, qui était au guet dans sa « retraite », se précipita sur l'insecte, mais sans oser, ce semble, s'en emparer. Et, après être revenue par deux fois près du remuant puceron, afin sans doute de mieux voir et reconnaître à qui elle avait affaire, elle rentra au logis. Entre temps le puceron parvint à se dégager des réseaux de la toile et vint même braver l'Araignée jusqu'à l'entrée de sa demeure où elle resta prudemment à l'écart.

Un autre jour, vers midi, c'est une mouche qui vient à donner dans les réseaux de la toile. Le diptère est de plus grande et forte taille que l'Aranéide. La Tsingevina resta prudemment encore dans sa « retraite » ; et la mouche finit par se dégager et s'envola indemne.

Mais à la nuit et au crépuscule, de la tombée du jour à l'aurore, la Tsingevina est moins prudente et plus audacieuse. Elle se tient alors à l'affût plus près de l'orifice de sa retraite, prête à ne plus s'y laisser braver impunément. Un insecte hémiptère bien vivant que j'ai jeté dans les réseaux de la toile de l'Epeire maçonne adulte, vers 10 heures du matin, se débat toute la journée, empêtré dans

les filets du piège, sans que l'araignée vienne s'en emparer ; mais elle capturera l'insecte quand viendront les ténèbres de la nuit ; et le lendemain matin je puis voir la Tsingevina encore « à table », suçant les reliefs de l'hémiptère.

C'est aussi dans les ténèbres de la nuit ou du crépuscule que notre Aranéide maçon se montre particulièrement actif dans ses opérations de constructeur et de piègeur. Et, pour l'œuvre importante de la « pose de la première pierre» du petit «palais de cristal», il m'a semblé que nos jeunes Epeires maçonnes attendaient que le soleil eût disparu à l'horizon.

Dès lors, pour notre araignée noctambule, la Tsingevina mère, c'est surtout la nuit qui porte conseil ; et je constaterai le lendemain matin, que les brèches, et les ruines de la maison et de la « nursery », que j'ai causées par mon intervention de la veille, seront réparées ou aveuglées. Mais non, ce que je constate, c'est que, la nuit comme le jour, la sollicitude maternelle de l'Epeire maçonne semble en défaut,et qu'elle ne remédie pas à l'accident par l'apport de matériaux qui sont cependant à sa portée dans mon *terrarium* ou cage d'observations et d'études ; tandis que pour le travail régulier et instinctif de la construction du petit « palais de cristal » l'araignée maçonne sait choisir et amener à pied d'œuvre ces mêmes matériaux, afin d'en parfaire les assises.

Mais, en admettant même, ce qui est loin d'être acquis, le contraire le serait plutôt, si je ne me trompe, que le sens visuel de l'Epeire maçonne, la Tsingevina de Madagascar, est peu développé, que sa « myopie est extrême », et ce, dans les ténèbres de la nuit comme en plein jour, je ne pourrais m'empêcher de dire : « Chez la plus arriérée des tribus de la grande brousse de Madagascar, quelle « *Neny* » (maman), serait-elle presque aveugle, mais ayant encore sa raison, en agirait aussi piteusement, aussi peu intelligemment que l'araignée-mère Tsingevina, au cas où quelque malencontreux et grave accident viendrait

à ruiner la case, la paillote où la « parcelle de sa vie » *(Sombin ny ainy)*, son petit enfant, est couché sur la natte ou enveloppé du *Lamba* maternel ?

II

Ici, j'entends « réplique » de l'avocat, défenseur de la petite bête : « Ne vous hâtez pas de conclure. Vos araignées maçonnes ont été saisies, surprises par vos interrogatoires ; il leur faut du temps pour se remettre, se reconnaître. Elles remédieraient aux graves accidents survenus de par votre intervention et corrigeraient leurs bévues lorsqu'elles auraient acquis perceptions plus nettes, plus distinctes, plus conscientes... Et puis, la captivité et la réclusion dans le *terrarium* en raccourci de votre observatoire en chambre, votre troublant « cabinet de juge d'instruction », déconcertent et paralysent les facultés des captifs reclus, petites bestioles habituées à vivre au grand air et soleil du « Tanety ».

Peut-être ?... Voici, dès lors, un sujet que nous allons observer et interroger dans son habitat naturel, en pleine liberté : C'est l'*Araignée filandière veloutée*, de J. B. Dumont (1). Cet Aranéide est très répandu dans Madagascar, où on le trouve en très grand nombre, non seulement sur le « *Nopal Cactis opuntia* », mais aussi sur plusieurs autres végétaux divers, et un peu partout. L'araignée filandière veloutée tisse une toile élégante en forme de dôme surbaissé, pavillon ou velum de fine dentelle dont les rayons au grand soleil azurent et dorent la soie. Souvent réunies plusieurs sur la même plante, ces Epeires à robe de velours se tiennent d'ordinaire sous la voûte soyeuse du dôme, entourées de Linyphies (2) aux brillantes livrées de pourpre d'argent et d'or :

(1) L' « *Epeire du Nopal* » ; « *Epeira Opuntiæ*, de Léon Dufour.
(2) Petites araignées du genre « *Linyphia* », Latreille.

« C'est un plaisir de voir, par les chemins en fleurs,
Quand l'aube en diamants condense ses vapeurs,
Les palmiers du jardin constellés de leurs étoiles ».

Le Dr Auguste Vinson observa que l'Araignée filandière veloutée de La Réunion avait soin d'arrêter, pour se préserver des pluies, la feuille la plus convenable qui venait à tomber sur sa toile ; la fixait d'une manière sûre, et l'érigeait en toit imperméable sous lequel elle allait se cacher en se ramassant » (1).

L'Araignée filandière veloutée de Madagascar, comme sa sœur de La Réunion, a-t-elle dans les réseaux de sa toile la feuille... parapluie ?... Dans les nombreux petits pavillons soyeux que j'ai visités, en Imerine, j'ai remarqué moi-même la feuille susdite. Mais quelle est au juste sa destination, son utilité, sa fonction ? Sert-elle à l'Araignée filandière veloutée de... parapluie, ou bien plutôt de... parasol ou ombrelle, voire même de... paravent ; ou bien n'est-elle pour l'araignée qu'un poste d'affût camouflé ?

D'après plusieurs observations que j'ai faites, en divers temps de l'année, cette feuille, si je ne me trompe, sert pour toutes les fins susdites à l'Epeire du Nopal. En Imerine, durant la saison de l'hivernage, il pleut presque quotidiennement, tandis qu'en saison sèche il ne tombe pas une goutte de pluie, parfois durant des mois. Or, à la saison pluvieuse j'ai vu notre Araignée filandière veloutée semblant bien chercher à se mettre à couvert de l'ondée sous le toit imperméable de la feuille fixée à sa toile. D'autre part, à la saison sèche durant laquelle les ondées sont rares, mais le froid assez rigoureux, surtout quand souffle le vent de l'Est, l'Epeire de Nopal garde sur les réseaux de sa toile la feuille protectrice et semble y chercher alors un abri contre la froidure et la bise. Et quand le soleil de Midi darde ses chauds rayons, l'araignée

(1) *Loc. cit.*

semblerait chercher un peu d'ombre sous la feuille. Enfin l'Araignée filandière veloutée semble préférer à une feuille protectrice encore verte une feuille sèche de couleur semblable à celle de son corps, afin, sans doute, de mieux se dissimuler, de se... camoufler, de par cette homochromie. Et si deux feuilles sèches, de formes et de dimensions différentes, sont à sa portée, elle semble savoir choisir entre les deux celle qui sera la plus utile, la mieux adaptée à ses fins.

L'Epeire du Nopal paraîtrait donc, à première vue, être aussi sage, habile, aussi... « débrouillarde », sous son « toit de chaume » que l'Epeire maçonne en son « palais de cristal ».

A l'observation ajoutons, ici encore, l'expérimentation. Sur des toiles diverses de l'Araignée filandière veloutée, je substitue à la feuille protectrice ou « tente-abri », de petits morceaux de papier blanc et imprimé, des tissus colorés avec réseaux à mailles larges, des feuilles d'étain brillant. La sapience de la bestiole ne paraît pas tenir compte de la disparité et se douter que tous ces objets hérérogènes, ces leurres, n'auront guère d'efficacité pour la garantir efficacement contre les intempéries, et seront au contraire pour elle un rebours de protection et de camouflage utile. — Et encore, ici, je me demande quel est le Malgache le plus primitif, le plus arriéré de la brousse qui, s'il n'a pas complètement perdu la raison, prendra comme parapluie un Caraba (corbeille en treillis à larges mailles) ; ou bien, si un accident vient à emporter ou crever le chaume de sa case ou paillote, se contentera, pour y remédier, de remplacer ou d'aveugler le toit enlevé ou ruiné au moyen d'un Kara-Kara (cadre cloisonné, grillage ou claire-voie).

L'Araignée filandière veloutée en se mettant, elle, à couvert de la pluie sous le leurre d'un treillis à larges mailles que j'ai substitué à sa « tente-abri », sans faire

tout à fait comme Gribouille qui se jetait à l'eau pour ne pas se mouiller, semble agir un peu... «à la Gribouillette ».

Certaines Epeires du Nopal, peut-être encore trop jeunes, ou adultes sur le point de pondre, — nous en verrons, par la suite, quelque explication semblant assez plausible, — m'ont paru néanmoins ne garder sur les réseaux de leur toile ni la feuille protectrice ni le leurre que j'y avais placé.

Dans un manuscrit déjà ancien, J. B. Dumont a fait remarquer que l'Araignée filandière veloutée, lorsque l'époque de la ponte est venue, file une « coque en forme de nacelle » qu'elle place au milieu de sa toile dans une position verticale. « Quelque temps après, elle fixe un autre cocon, pareil au premier ; ce qu'elle continue de faire jusqu'au nombre de six à neuf. Tous ces cocons sont placés au bout les uns des autres comme un chapelet. » La « coque en forme de nacelle » est constituée par la soie en bourre qu'enveloppent deux tuniques soyeuses feutrées dont l'une des surfaces est tapissée de soie verdâtre ; berceau à couchette moelleuse et chaude et bien protégé contre les ennemis du dehors.

Je l'ai déjà dit plus haut, il m'a semblé que l'Epeire du Nopal, devenue mère, semble ordinairement dédaigner l'abri de la feuille protectrice et se tient de préférence sous la coque ou cocon qui renferme ses œufs, paraissant vouloir ainsi veiller de plus près, dans sa sollicitude maternelle, au soin de sa progéniture.

Une Araignée filandière veloutée primipare vient de pondre et d'établir son nid au centre de sa toile ; et elle semble bien, en effet, en prendre un soin particulier. J'enlève à la jeune mère cet objet de ses tendresses et je le remplace par un nid artificiel composé d'un morceau de liège enveloppé d'un chiffon, de volume et de poids équivalents, à peu près, au volume et au poids du nid naturel. La bestiole semble ne pas se rendre compte de la

substitution et continue à veiller sur le berceau truqué comme s'il contenait encore sa progéniture ; tandis qu'elle ne semble avoir cure du vrai nid gisant piteusement à terre. L'Epeire du Nopal, notre Araignée filandière velouté de Madagascar, semblerait donc se comporter à l'égard de sa progéniture comme la Lycose de Narbonne ou Tarentule à ventre noir des expériences de J. H. Fabre qui, pour sonder la stupidité de cette araignée, lui avait jeté une bille de liège après l'avoir privée de la bourse de soie renfermant ses œufs. Comme l'araignée de Narbonne, l'araignée de Tananarive semble accepter sans scrupule le leurre subéreux. — Une mère humaine qui ne saurait pas au moins distinguer son poupon d'une poupée aurait-elle encore sa raison ?

Varions l'expérimentation. Cette fois je substitue à la « coque en forme de nacelle » une boulette de coton, que j'ai coloré légèrement en vert avec de la chlorophylle; mais en laissant à la mère aragne son vrai nid ou cocon suspendu aux confins de la toile. Encore ici, la bestiole de Tananarive, l'Epeire du Nopal, comme sa congénère de Narbonne, la Tarentule à ventre noir, ne paraît pas reconnaître ce qui lui appartient. Il me semblerait cependant que pour l'Epeire « la nuit porte conseil ». Le lendemain matin, je constate qu'elle a rejeté le leurre et a repris son vrai cocon. L'araignée en liberté dans la campagne serait-elle donc mieux douée, en effet, que prisonnière dans une cage d'observations et d'études ? Expérimentons donc encore et interrogeons à nouveau l'Araignée filandière veloutée, jouissant de toute sa liberté en son habitat naturel.

J'enlève encore à une araignée-mère Epeire du Nopal son nid et j'y substitue le leurre d'un cocon truqué. La sotte semble encore « accepter sans scrupule » le leurre du faux nid. Après quelque temps elle devient mère pour la seconde fois et suspend le berceau de sa nouvelle

progéniture à la suite du berceau truqué, comme s'il n'y avait pas eu substitution. Mais, le surlendemain, je constate que la mère aragne a repris le premier berceau laissé de côté pour le leurre du cocon truqué et l'a suspendu sous les deux autres, le premier devenant ainsi le dernier ; de sorte que sur les réseaux de sa toile, la bestiole a établi trois nids pour deux pontes ! De plus, il me semble voir quelque défaut dans la symétrie avec laquelle l'araignée-mère dispose ou agence ordinairement ses coques en forme de nacelle. L'araignée-mère a travaillé avec l'ordre parfait et préétabli qui dirige son activité instinctive, tout comme si, de par mon intervention, les proportions naturelles entre les cocons n'avaient pas été dérangées ou contrariées ; et l'ordre parfait s'est ainsi changé en désordre, sans que la bestiole ait eu l'air de s'en apercevoir. Trois fois encore l'araignée deviendra mère ; et finalement, instruite peut-être par des perceptions sensibles plus distinctes, par l'expérience ou par comparaison, elle semblera reconnaître sa bévue et laissera de côté l'inutile berceau.

## III

Les réponses de l'Aranéide à mes « interrogatoires », en cette nouvelle « enquête », ne paraissent donc pas trop infirmer les réponses du Lépidoptère, lors de mes précédentes investigations. L'araignée, de « Membre de l'Institut » de l'Entomologie, ne semblerait pas avoir beaucoup plus d'esprit que la rampante chenille et le volage papillon.

Concluons... — Ah ! prenez garde, m'entends-je dire ici ; les différences de structure entre un homme et une araignée sont si nombreuses et profondes que celui qui cherche à déduire d'une action donnée à cet Arthropode son état mental ne devrait pas se hâter de prendre des conclusions qui risqueraient d'être hasardées.

Je réponds que, si je me trompe, des conclusions ne sont jamais hasardées quand elles n'ont pas été pensées « à

vide », mais bien formulées après essais et vérifications sincères dans l'ordre des réalités.Or, ce n'est pas le sagace, probe et consciencieux auteur des *Souvenirs entomologiques* qui a « pensé à vide » sans les avoir vérifiées dans l'ordre des réalités, ses conclusions au sujet de la psychique de l'insecte, de l'esprit des petites bêtes, l'araignée comprise. Dès lors, bien que les données de mes enquêtes puissent paraître différer un peu de celles de mon regretté Maître, je ne formulerai ici que des « conclusions » semblables aux siennes ; et encore en accordant volontiers à la « partie adverse » que, « en l'espèce », comme ailleurs en toutes causes relevant de l'observation et de l'expérience, les « Jugements » ou « Arrêts » que peuvent motiver les meilleures « conclusions » restent toujours susceptibles « d'appel », de « cassation » ou de « revision », si des faits nouveaux, des « interrogatoires » mieux conduits, des « enquêtes » plus étendues ou plus approfondies venaient à démontrer le déficit des dites « conclusions ». Je voyais, naguère, un oiselet cherchant à se tenir en équilibre sur la pointe du paratonnerre d'un édifice de Tananarive, sans pouvoir cependant réussir pleinement. Il voletait, oscillant à droite et à gauche; et je me disais que, semblable à cet oiselet, celui qui se livre à des études ou recherches sur la psychologie animale, est exposé à osciller plus ou moins à droite ou à gauche de la fine pointe qu'est la Vérité objective.

En ces conclusions, J. H. Fabre, un maître sans conteste en la matière, a dit que «dans la psychique de l'insecte, deux domaines fort différents sont à distinguer. L'un est l'instinct proprement dit, l'impulsion inconsciente qui préside à ce que l'animal accomplit de plus merveilleux dans son industrie. Où l'expérience et l'imitation ne peuvent absolument rien, l'instinct impose son inflexible loi... Mais avec sa rigide science qui s'ignore, l'instinct pur, s'il était seul, laisserait l'animal désarmé dans le perpétuel conflit des circonstances. Deux moments dans

la durée ne sont pas identiques ; si le fond reste le même, les accessoires changent ; l'imprévu surgit de partout. En cette mêlée confuse, un guide est nécessaire pour rechercher, accepter, refuser, choisir, préférer ceci, ne faire cas de cela, tirer enfin parti de ce que l'occasion peut offrir d'utilisable. Ce guide, l'insecte le possède, certes, à un degré même très évident : C'est le second domaine de sa psychique. Là il est... perfectible par l'expérience : N'osant appeler cette aptitude rudimentaire Intelligence, je l'appellerai Discernement » (1).

Ce « discernement » ainsi compris n'est-il pas une forme de l'intelligence ? se demande E. L. Bouvier, dans son livre sur la *Vie psychique des insectes*. Si, humble « petit clerc », j'osais répondre en l'absence du Maître, au point d'interrogation du savant professeur du Muséum de Paris, membre de l'Institut, je dirais volontiers :

Ce discernement est bien une forme de l'intelligence, en ce sens qu'il a de l'analogie avec l'intelligence, qu'il est une imitation du raisonnement, du jugement, une intelligence « *sui generis* », et même, ce « discernement » pourrait être appelé intelligence, si ce dernier mot était pris dans le sens que lui donne souvent le langage commun, c'est-à-dire, connaissance sensible, et concrète, servie par la mémoire et l'imagination. Mais si le mot est pris dans le sens plus noble que lui donne le langage philosophique, c'est-à-dire faculté abstraite, de généraliser, sens de l'immatériel, ce « discernement » est bien différent de l'intelligence.

Ce langage philosophique plus noble, on lui reproche de rappeler celui des Médecins de Molière, donnant à ses adeptes avec un minimum d'effort, l'illusion de la précision et de la rigueur ; il les rend savants à peu de frais (2). Ecoutons alors, *en l'espèce*, le langage du «philo-

(1) J. H. Fabre, *Souvenirs entomologiques*, 2e Série ; t. V.
(2) F. Le Dantec, *La Stabilité de la vie*, Introduction.

sophe qui ne doit ignorer aucune des idées générales qui sont nées des découvertes spéciales faites dans les cantons les plus divers par la curiosité humaine » (1).

« Distinguer l'*Instinct* et l'*Intelligence*, ou plutôt, mettre à part les instincts, cela revient simplement à étudier, tantôt le fonctionnement d'ensemble d'un organisme supérieur, tantôt les mécanismes partiels qui le constituent. Considéré à un moment précis de son existence, l'animal supérieur est un mécanisme qui réagit d'une certaine manière à certaines excitations ; à un autre moment, c'est un autre mécanisme, qui réagit d'une *autre* manière aux mêmes excitations, mais dans ces deux mécanismes *différents*, il y a cependant des parties communes susceptibles d'une description unique et faite une fois pour toutes ; ces parties communes, ces outils invariables dont se sert le mécanisme total de l'individu peuvent, *si l'on veut*, s'appeler des instincts; à ce point de vue, la dénomination d'instincts s'applique aussi bien à un outil extrêmement simple comme une trochlée articulaire qu'à un mécanisme très complexe, empruntant une partie quelconque, *mais invariable dans ses rapports* du système nerveux. Ces divers outils ou instincts sont réunis les uns aux autres par des parties *variables* du système nerveux, de sorte que, si chacun d'eux séparément peut être connu d'avance d'un observateur étranger, leur fonctionnement d'ensemble ne peut être prévu que par l'individu qui est formé lui-même de cet assemblage de mécanismes. On considère comme intellectuels les actes qui empruntent une partie variable du système nerveux... Ma définition objective de l'acte intellectuel, je puis la considérer comme la traduction complète de la formule de Romanes : « L'acte intellectuel est celui dans lequel l'animal tire parti de son expérience » (2).

(1) F. Le Dantec, *La Stabilité de la vie*, Introduction.

(2) F. Le Dantec, *La Stabilité de la vie* ; *Plaidoyer pour le transformisme Lamarckien.*

Pour tout bon entendeur averti ce langage ne parlerait-il pas comme le langage commun donnant souvent, je l'ai dit tout à l'heure, le nom d'instinct aux activités des outils invariables de l'animal et celui d'intelligence aux activités de ces outils mus par des forces variables, actes dans lesquels l'animal tire parti de son expérience ?

D'ailleurs, le savant auteur de la *Vie psychique des insectes* ne se répondrait-il pas lui-même dans ces lignes que je lis à la fin de son plus récent ouvrage *Les habitudes et métamorpgoses des insectes.* — « Les manifestations essentielles du psychisme humain sont un produit de l'intelligence qui souvent abandonne au mécanisme des habitudes le soin de les réaliser matériellement ; tandis que l'insecte confie aux mécanismes instinctifs les manifestations les plus merveilleuses de son activité, et au discernement le soin de les adapter comme il convient dans le perpétuel conflit des circonstances. » — Et dans une lettre que l'éminent biologiste me faisait l'honneur de m'écrire tout récemment, il me disait : « Les animaux fonctionnent quelquefois machinalement, mais ne sont pas des machines. » — Le mot « mécanisme » pris dans le sens de automatisme psychique, c'est-à-dire non pas seulement matériel mais sensitif ; et le mot « machinalement voulant dire mouvement où la volonté n'a point de part, produit sans réflexion par le seul jeu des organes, dès lors l'accord, au fond des choses, n'est pas loin d'être parfait, si je ne me trompe, entre les deux maîtres en psychique de l'insecte. E. L. Bouvier et J. H. Fabre ; et le Laboratoire d'Entomologie de la rue de Buffon de Paris voisinerait de près avec l'« Harmas » de Sérignan.

Mais alors, entends-je m'objecter l'avocat des bêtes : C'est vous qui ne me paraissez pas de parfait accord avec vous-même. Vous mettiez naguère l'araignée au nombre des petites bêtes que Salomon, le roi naturaliste, l'auteur inspiré du Livre des Proverbes déclare exceller en sagesse

parmi les sages de la terre (1), et aujourd'hui vous le mettez parmi les êtres privés de raison.

J'avoue que je ne m'attendais guère à cet argument *ad hominem* et quelque peu... exégétique ! Néanmoins je ne me déroberai pas. Avec des commentateurs d'une autorité incontestable, depuis Thomas d'Aquin, Bossuet, et... Léon XIII, jusqu'à Chevreul, de Lapparent et... Richet, je réponds : « Oui, les plus petites bêtes excellent en sagesse parmi les plus sages de la terre, mais parce qu'elles sont *rendues sages* ; c'est la traduction littérale du texte hébreu dans le « Misle ». Et le roi naturaliste déclare bien, en ces termes, les merveilles de leurs instincts. Elles sont *rendues sages* de par une sagesse supérieure qui les dirige : et leur instinct naturel avec ses adaptations pleines de sagesse que l'Auteur de la nature a disposées, en elles, se manifeste au dehors avec d'autant plus de pureté qu'elles sont d'un ordre inférieur ; car c'est chez les animaux inférieurs, l'insecte en particulier, que les instincts sont le plus puissants. Et par le fait qu'on est près d'affirmer que ces petites bêtes agissent de par une sagesse et une industrie qui leur seraient propres, on proclame, bon gré, mal gré, l'art admirable de Celui qui a si industrieusement travaillé la matière.

Je maintiens, dès lors, l'araignée, et spécialement l'Epeire maçonne et l'Epeire du Nopal de Madagascar, qui ont fait l'objet de ma nouvelle enquête, au nombre des petites bêtes qu'une sagesse supérieure gouverne et rend sages parmi les plus sages de la terre, mais qui, ne sachant pas se gouverner elles-mêmes, et, en somme, bêtes des plus habiles, restent toujours, néanmoins, fort bêtes.

Paul Camboué, S. J.
*Missionnaire à Madagascar.*

(1) *Proverbes*, chap. XXX, vv. 24, 28.

# L'ÉTAT ACTUEL

## DE

# L'HÉMATOLOGIE MORPHOLOGIQUE

Les hématologistes sont loin de s'accorder sur l'origine et la valeur des globules sanguins. Peu de sujets cependant ont fixé l'attention d'un plus grand nombre de chercheurs : sans compter les travaux publiés dans des périodiques de caractère plus général, il existe deux revues importantes exclusivement consacrées à l'hématologie(1). D'autre part,

(1) Folia Haematologica. Internationales Magazin für klinische und morphologische Blutforschung. Begründet von A. Pappenheim. Herausgegeben von O. Naegeli (Zurich) u. H. Hirschfeld (Berlin). Leipzig, W. Klinkhardt. — Haematologica. Archivio italiano di ematologia e sierologia. Pubblicato da A. Ferrata e C. Moreschi. Napoli, N. Jovene. — Il existe plusieurs traités sur la matière. Nous citerons : Rieux, *Précis d'hématologie et de cytologie*, 1911 ; — Gilbert et Weinberg. *Traité du sang*, vol. I, 1913 ; — Ferrata, *Le emopatie*, vol. I, parte generale, 1918 ; — Hirschfeld, *Lehrbuch der Blutkrankheiten*, 1918 ; — Naegeli, *Blutkrankheiten und Blutdiagnostik*, 3e édition, 1919 ; — Pappenheim, *Morphologische Haematologie*, 2 vol., 1919 ; — Id., *Haematologische Bestimmungstafeln*, 1920. — On consultera également avec fruit : Weidenreich, *Die Leucocyten und verwandte Zellformen*, 1911.

De crainte d'allonger outre mesure cet article, nous ne donnerons toutes les références bibliographiques que pour les publications les plus récentes. Le lecteur qui désirera recourir aux mémoires originaux, trouvera toutes les indications nécessaires dans le traité de Ferrata, dont les listes biliographiques remarquablement complètes englobent les travaux parus jusqu'en 1916-1917.

malgré l'intérêt considérable qui s'attache à la connaissance des éléments du sang (1), les traités d'histologie et de pathologie n'accordent souvent qu'une place très restreinte à leur description et aux problèmes que soulève leur origine. Peut-être la complication et les contradictions de la nomenclature sont-elles en partie la cause de cette réserve.

Ayant été amené à nous mettre au courant des principaux mémoires parus sur la matière, nous avons cru qu'il serait utile de publier un exposé objectif et critique des données d'observation et des théories principales. C'est ce que nous voudrions tenter dans ces pages.

Une première partie de notre travail concernera la morphologie et l'évolution des éléments figurés du plasma sanguin (globules rouges ; globules blancs ; plaquettes sanguines). L'exposé des données multiples, souvent contradictoires, publiées à ce sujet sera forcément assez aride, mais il est indispensable pour la compréhension des problèmes fondamentaux que nous traiterons dans la suite.

Dans une seconde partie, nous envisagerons les organes où les éléments du sang prennent naissance, chez l'embryon et chez l'adulte (organes hématopoïétiques), et nous exposerons ce qu'on sait de leur fonctionnement.

Nous consacrerons enfin une troisième partie à l'exposé et à l'examen des théories hématologiques.

(1) Tout récemment encore a été posée au 16e Congrès français de médecine (Paris, octobre 1922) la question de la signification pathologique des globules blancs anormaux.

# PREMIÈRE PARTIE

## LES ÉLÉMENTS FIGURÉS DU SANG

### § I. *Les globules rouges*

C'est Swammerdam qui, en 1658, découvrit, dans le poumon de la grenouille, des globules rouges. Malphighi les retrouva bientôt chez l'homme et Leeuwenhoeck (1666) fut le premier à affirmer leur présence constante dans le sang. Mais ce n'est qu'au XVIIIe siècle que l'on reconnut les détails de leur forme (Sénac, Hewson, Wagner).

On les prit longtemps pour de simples globules de graisse ou d'autres matières inertes. Avant le développement de la théorie cellulaire et la découverte de l'hémoglobine, il était d'ailleurs impossible de reconnaître leur vraie signification.

#### A. MORPHOLOGIE DES GLOBULES ROUGES

Examinés à frais, les globules rouges, ou hématies, apparaissent sous la forme de corpuscules discoïdes biconcaves (1), de couleur jaune verdâtre, à cause de l'hémoglobine qui les imprègne. Leur diamètre, chez l'homme, est d'environ 7 μ ; leur épaisseur maximum, 2 μ. On en trouve 5 millions par $mm^3$. Ils ont une tendance marquée à *s'agglutiner* comme en piles de monnaie. Ce phénomène s'observe dans l'examen du sang sous le microscope entre lame et lamelle, mais aussi dans les capillaires, où il est dû à la lenteur de la circulation. Les globules rouges sont facilement *déformables*. Aussi peuvent-ils passer à travers des capillaires de diamètre plus petit que le leur ; l'obstacle franchi, ils reprennent

(1) Weidenreich a soutenu qu'en réalité les hématies sont concaves-convexes, en forme de cloches. Les aspects décrits par cet auteur sont probablement dus à des altérations.

rapidement, par élasticité, leur forme primitive ; on a pu cinématographier ce phénomène.

A l'état frais, tant sous les rayons ultra-violets qu'en lumière ordinaire, les globules rouges se montrent absolument *homogènes*. Sur les frottis desséchés, colorés par les méthodes habituelles de l'hématologie, les hématies sont uniformément *acidophiles*, c'est-à-dire teintes en rose par l'éosine ; leur centre apparaît toutefois plus pâle, moins à cause d'une plus faible densité d'hémoglobine qu'en raison de la minceur de l'hématie en ce point.

Chez les mammifères, le caractère le plus frappant du globule rouge, c'est qu'à l'inverse de celui des autres vertébrés, il *ne contient pas de noyau*.

A l'aide de diverses méthodes, on a pu observer, au sein des globules rouges normaux, des « corps nucléoïdes », que l'on a considérés le plus souvent comme des restes nucléaires. Tout récemment, grâce à une méthode d'imprégnation métallique, Golgi (1) a mis en évidence une zone interne finement fibrillaire, mais qu'il se garde bien de considérer comme un noyau ou un reste nucléaire. Toutes ces structures représentent sans doute des altérations dues au traitement subi par les objets, mais leur formation s'explique peut-être par un état spécial du centre de l'hématie. Pour Cesaris-Demel (2), la substance globulaire y serait plus raréfiée qu'à la périphérie, par suite de la disparition du noyau : d'où l'allure particulière de cette zone vis-à-vis des matières colorantes et des sels métalliques.

Cesaris-Demel (1907) attribue une importance particulière à deux éléments que l'on peut déceler, par la coloration vitale (3), dans

(1) C. Golgi, *Sulla struttura dei globuli rossi dell' uomo e di altri animali*, Haem., I, 1920.

(2) A. Cesaris-Demel, *Sulle formazioni endoglobulari pseudonucleari e sugli anelli di Cabot messi in rilievo nei globuli rossi normali con la ipercolorazione*, Haem., II, 1921.

(3) La plupart des méthodes de coloration ne peuvent être em-

1 à 2 ‰ des globules rouges du sang normal ; ce sont : une substance A, orthochromatique, granulo-filamenteuse, découverte par Negri et une substance B, métachromatique, découverte par Rosin et Bibergeil (1).

La *substance granulo-filamenteuse*, qui n'occupe qu'une partie variable du corps cellulaire, comprend de fins granules et de minces filaments enchevêtrés irrégulièrement : elle offre une apparence floue souvent difficile à analyser en détail. Présente normalement dans quelques hématies du sang, elle se rencontre plus fréquemment dans les globules rouges et les érythroblastes (2) de la moelle osseuse ; 30 à 40 % des hématies du sang du nouveau-né la contiennent, et elle est encore plus fréquente chez le fœtus (Foa et C.-Demel). La présence de la substance granulo-filamenteuse dans une hématie est donc un indice de la jeunesse du globule. Toutefois la substance A de Cesaris-Demel ne se montre pas sur le vivant et, après fixation, elle est inobservable. Elle doit être considérée comme le produit d'une réaction de la substance colorante sur le protoplasme des hématies. Aussi mieux vaut parler de réaction granulo-filamenteuse que de substance granulo-filamenteuse (Zoja).

La *substance métachromatique*, moins bien étudiée, se présente sous la forme d'un ou deux granules, de position variable. Sa fréquence dans les hématies embryonnaires la fait aussi considérer comme un signe de la jeunesse du globule rouge.

Ajoutons que, pour Pappenheim, les deux substances seraient de nature lipoïde.

Weidenreich admit l'existence, à la périphérie du globule, d'une *membrane* histologique à double contour (3). Les observations récentes ont abouti à un résultat opposé. Les propriétés osmotiques du globule s'expliquent assez bien d'ailleurs en admettant une simple condensation superficielle de la substance globulaire, plus ou moins infiltrée de lipoïdes.

ployées que sur des matériaux fixés, c'est-à-dire tués. La coloration vitale consiste, au contraire, dans l'emploi de substances qui colorent certaines structures sans tuer la cellule.

(1) On appelle orthochromatique une substance qui, traitée par certains colorants simples, prend une teinte analogue à celle du colorant lui-même ; on appelle métachromatiques les substances qui, traitées par ces mêmes colorants, prennent une teinte différente.

(2) Voir plus loin, p. 101 et suivantes.

(3) C'est-à-dire dont l'épaisseur est visible au microscope.

Dans un travail récent, Romieu (1) prétend avoir découvert dans les hématies de l'homme une *strie bordante*, possédant tous les caractères du « Randreifen » décrit par Meves dans les hématies des batraciens (2). Il s'agirait d'une sorte de cerveau protoplasmique sur lequel serait comme tendue la substance globulaire. Cette formation, encore mal étudiée, maintiendrait par son élasticité la forme discoïde de l'hématie.

Il serait important de connaître la *structure intime* du globule rouge. Malheureusement, l'étude morphologique ne nous révèle rien. Elle ne nous enseigne pas s'il faut considérer l'hématie comme une vésicule à membrane protoplasmique contenant une solution d'hémoglobine ou s'il faut y voir un stroma à mailles ultramicroscopiques, dans lesquelles se trouverait renfermée l'hémoglobine. Le fait que le globule peut être fragmenté sans perdre d'hémoglobine s'explique mal dans la première hypothèse. Aussi la seconde jouit-elle d'une plus grande faveur. L'hémoglobine (90 à 95 % du poids du globule sec) serait fixée en combinaison physique sur un substratum que l'analyse chimique montre composé de substances protéiques et de lipoïdes.

### B. FORMATION DES GLOBULES ROUGES

Les travaux de Neumann (1869) et de Bizzozero ont établi que les globules rouges sans noyau des mammifères prennent naissance, chez l'adulte, dans la moelle osseuse, aux dépens de cellules nucléées dont le protoplasme est

(1) M. Romieu. *Sur l'existence de la strie bordante dans les hématies de l'homme.*, C. R. Soc. Biol., 1922.

(2) Le *Randreifen* est caractérisé par sa colorabilité au Kristalviolet après hémolyse. Meves le considère comme étant de nature paraplastique. Il a été décrit sous le nom de strie bordante par Jolly, dans les hématies ovales du lama, et par Romieu, chez certains annélides. C'est peut-être un élément commun à toutes les hématies.

déjà chargé d'hémoglobine et qu'on appelle érythroblastes. Malassez (1878) et Renaut attribuaient la formation des hématies à un simple bourgeonnement protoplasmique de ces cellules, donnant origine à des masses anucléées. Mais cette conception ne tarda pas à être abandonnée et l'on admet actuellement que chaque hématie provient de la transformation d'un érythroblaste dont le noyau disparaît.

On a cru d'abord que, chez l'adulte, les érythroblastes chargés d'hémoglobine se régénéraient uniquement par caryocinèse, aux dépens d'érythroblastes également hémoglobinifères. Mais on sait aujourd'hui qu'ils dérivent en fin de compte de cellules dépourvues d'hémoglobine, auxquelles on donne aussi le nom d'érythroblastes. Quant à ces érythroblastes non hémoglobinifères, de nombreux hématologistes les font provenir d'une cellule indifférente de la moelle (lymphoïdocyte de Pappenheim, hémocytoblaste de Ferrata) qui serait aussi la souche des leucocytes.

Dans l'évolution de l'hémocytoblaste vers l'hématie, Ferrata distingue quatre types cellulaires, caractérisant autant de phases successives de différenciation. Ce sont : les proérythroblastes, les érythroblastes basophiles, les érythroblastes polychromatophiles et les érythroblastes orthochromatiques (1).

1. Le *proérythroblaste* a été décrit en 1914 par Ferrata et Negreiros-Rinaldi. Le protoplasme de l'hémocytoblaste y est devenu plus homogène et plus intensément basophile ; Ferrata ne manque d'ailleurs pas d'insister sur le caractère paradoxal de cet accroissement de basophilie, première étape dans la formation d'un élément acido-

(1) Dans notre exposé de l'évolution des globules rouges et des globules blancs, nous adopterons la nomenclature de Ferrata, extrêmement répandue depuis la publication du traité d'hématologie de cet auteur (1918). Pour plus de clarté, il nous a paru préférable de remettre la discussion à plus tard.

phile. Le noyau, lui aussi, diffère légèrement de celui de l'hémocytoblaste : le nombre de nucléoles s'y réduit (on en trouve de un à quatre) ; le réseau chromatique, tout en devenant plus colorable, perd de son homogénéité et se résout en éléments discontinus. Les proérythroblastes sont assez nombreux dans le foie embryonnaire, et dans la moelle osseuse de l'adulte ; mais chez l'adulte le sang lui-même n'en contient que dans les cas d'anémie grave.

Fig. 1.

2, Érythroblastes à noyau en caryorhexis ; 3, hématie à corps de Jolly ; 4-5, hématie à annean de Cabot ; 6, hématie à granulations azurophiles ; 7, hématie à granulations basophiles ; 8, érythroblaste à granulations basophiles ; 9, hématie à corps d'Ehrlich-Heinz ; 10, proérythroblaste ; 11, érythroblaste basophile ; 12, érythroblaste polychromatophile ; 13, érythroblaste orthochromatique ; 14, érythroblaste expulsant son noyan ; 15, hématie anucléée et noyau libre. (D'après Ferrata.)

2. Les *érythroblastes basophiles* (1) conservent l'intense basophilie cytoplasmique des proérythroblastes. Le noyau a perdu ses nucléoles, mais on observe parfois encore des traces de nucléole en dissolution. Le réseau nucléaire montre d'épais filaments chromatiques très colorables,

(1) Les érythroblastes basophiles de Ferrata correspondent aux hémoblastes lymphoïdes, lymphérythroblastes et chromoblastes de Pappenheim.

souvent en disposition plus ou moins radiaire. Certaines de ces cellules sont volumineuses, d'autres sont à peine plus grandes qu'une hématie définitive.

3. Dans les *érythroblastes polychromatophiles*, le volume du noyau diminue ; la colorabilité du réseau augmente et sa structure radiaire devient plus nette. Le protoplasme, qui commence à élaborer de l'hémoglobine, fixe diffusément l'éosine en certains points, tout en restant plus ou moins basophile en d'autres.

4. Les *érythroblastes orthochromatiques* possèdent un protoplasme chargé d'hémoglobine et nettement acidophile. Le noyau, plus colorable et de volume plus réduit encore qu'au stade précédent, conserve parfois la structure radiaire ; d'autres fois, la chromatine est condensée en une masse amorphe, le noyau ayant subi ce qu'on appelle la pycnose. On est d'accord pour admettre que tout érythroblaste dont le noyau n'est pas encore devenu pycnotique, peut se diviser par caryocinèse.

*Origine de l'hémoglobine.* — Les érythroblastes basophiles possèdent, d'après les recherches de Ciaccio, un chondriome (1) semblable, pour la forme et la distribution, à celui de l'élément indifférent de la moelle (hémocytoblaste). Les chondriosomes sont souvent groupés, d'après Meves, en une plage voisine du noyau et dans laquelle se trouve sans doute aussi le centrosome. Or, on constate qu'à mesure que l'hémoglobine apparaît dans le cytoplasme, le nombre des chondriosomes diminue. D'après Schridde, la cellule en serait totalement dépourvue au moment où le noyau disparaît. Meves, Ciaccio, Shipley admettent, au contraire que le chondriome, s'il fait défaut dans les érythrocytes du sang normal, persiste encore quelque temps après la disparition nucléaire dans

(1) On donne ce nom à l'ensemble des éléments (granules ou bâtonnets) mis en évidence dans le cytoplasme par certaines méthodes dites mitochondriales.

les hématies de la moelle osseuse. Ciaccio désigne ce type d'hématie sous le nom d'érythroplaste. On retrouve aussi ces érythroplastes dans le sang lui-même, au cours des anémies où se manifeste une tendance à la régénération globulaire (1). Se fondant sur la concomitance entre la disparition du chondriome et l'élaboration de l'hémoglobine, Schridde a admis que l'hémoglobine prend naissance directement aux dépens du chondriome. Il n'a cependant pas démontré qu'il ne s'agit pas simplement d'une relation indirecte entre les deux phénomènes. D'après certains travaux récents, il se pourrait d'ailleurs que des substances d'origine nucléaire prissent part à la formation de l'hémoglobine (2).

*Mécanisme et conséquences de la perte du noyau.* — Pour devenir une hématie, l'érythroblaste orthochromatique doit perdre son noyau. Les opinions les plus diverses ont été émises sur le mécanisme de cette disparition nucléaire.

(1) L'erreur de Schridde tient probablement au fait que, par la méthode employée, les mitochondries fuchsinophiles disparaissaient dans la masse hémoglobique également fuchsinophile. Notons cependant que, pour M. Prenant (*Sur l'apparition de l'hémoglobine dans les hématies des vertébrés*. C. R. Soc. Biol., 1922), si certains jeunes érythrocytes ont encore un chondriome, certains érythroblastes très évolués, mais possédant encore un noyau, n'en auraient déjà plus. Le parallélisme entre l'évolution nucléaire et l'évolution cytoplasmique ne serait donc pas complet.

(2) M. Prenant (*loc. cit.*) admet la production d'hémoglobine par le noyau et par les mitochondries. Il a vu des mitochondries présenter, comme l'hémoglobine, la réaction de la peroxydase (coloration bleue avec le réactif benzidine-eau oxygénée), quand le protoplasme de l'érythroblaste ne donne pas encore cette réaction. Il a constaté, d'autre part, que le noyau d'érythroblastes à protoplasme encore basophile peut présenter la réaction de la peroxydase ; la coloration bleue persistant après un chauffage préalable à 100° qui détruit les peroxydases, il en conclut que l'hémoglobine apparaît dans le noyau (formée sans doute aux dépens de la chromatine) avant d'apparaître dans le cytoplasme. Romieu a observé des faits analogues dans les hématies des invertébrés (C. R. Soc. Biol., 1922).

Rindfleisch, Dominici, Maximov croient à l'expulsion totale du noyau. Ils le voient, pycnotique ou encore vaguement structuré, quitter le centre de la cellule, se dégager graduellement du cytoplasme, apparaître enfin libre dans la moelle ou inclus dans un macrophage qui l'a phagocyté.

Weidenreich et Jolly pensent que le noyau se fragmente (caryorhexis) et que ses débris sont expulsés.

Koelliker et Neumann, puis Israel et Pappenheim, ont admis l'existence d'un tout autre mécanisme. Le noyau subirait une dissolution au sein même de la cellule, par un processus de caryolyse ou de chromatolyse. En faveur de cette opinion, on peut signaler l'existence dans la moelle d'« hématies à corps de Jolly », c'est-à-dire possédant un reste nucléaire arrondi de très petit volume.

En réalité, comme l'ont démontré Ferrata et Negreiros-Rinaldi, les trois modes de disparition nucléaire se rencontrent tous normalement, les deux premiers de loin le plus souvent. Une fragmentation excessive du noyau (au delà de deux ou trois fragments) ne se présente toutefois que dans des cas pathologiques.

Pour rappeler que l'atrophie nucléaire accompagne l'élaboration de l'hémoglobine, les anciens auteurs ont employé l'expression de dégénérescence hémoglobique. Le terme est de nature à induire en erreur. Car, s'il est certain que la pycnose nucléaire, suivie de la disparition du noyau, constitue une dégénérescence morphologique, on ne peut assez insister sur la haute différenciation physiologique qui en est la conséquence. Le globule rouge, en même temps qu'il perd son noyau, devient le porteur d'oxygène par excellence. Il semble que la perte du noyau entraîne pour la cellule une diminution de vitalité qui se traduit par un ralentissement important de son métabolisme, et, en particulier, par une réduction considérable de la consommation d'oxygène. L'hématie des mammifères présente un degré d'adaptation supérieur

aux hématies nucléées des autres vertébrés, puisqu'elle porte de l'oxygène et n'en consomme qu'une quantité négligeable. Il est du reste remarquable que, même pour les hématies des vertébrés inférieurs, on note une tendance à la pycnose nucléaire qui peut d'ailleurs être suivie, dans des cas sporadiques, de la disparition du noyau. Et n'est-ce pas un fait significatif que chez les Némertiens, les êtres les plus simples où nous rencontrions des cellules chargées d'hémoglobine, le noyau des hématies subisse une dégénérescence partielle consistant dans la formation d'une vacuole centrale (1) ?

### C. GLOBULES ROUGES PATHOLOGIQUES

De nombreux types d'hématies anormales peuvent être rencontrés dans le sang à l'état pathologique. Nous pouvons les classer en deux groupes : d'une part, les formes jeunes, dont la présence dans le sang résulte d'une tendance à la régénération globulaire ; d'autre part, les formes dégénérées.

1° *Formes jeunes.*

*a)* Nous pouvons d'abord trouver dans le sang toutes les formes qui correspondent aux *stades de la différenciation normale du globule rouge ;* c'est que les organes hématopoïétiques, qui ne lui livrent d'ordinaire que des formes entièrement différenciées, lui ont abandonné des cellules avant l'achèvement de leur évolution. Une place spéciale doit être faite aux *hématies à corps de Jolly,* assez rares dans la moelle à l'état normal, elles se présentent en grand nombre dans le sang après extirpation de la rate, sans que la cause de ce phénomène soit bien déterminée.

*b)* D'autres formes jeunes offrent des caractères qui s'expliquent par une *maturation anormale des érythroblastes.*

1. L'évolution nucléaire peut être accélérée et aboutir à une disparition précoce du noyau. Ainsi s'explique l'existence d'*hématies basophiles* anucléées, provenant directement des érythroblastes basophiles, comme aussi l'existence, beaucoup plus fréquente, d'*hématies polychromatophiles* (2).

(1) M. Prenant, *Recherches sur le parenchyme des plathelminthes*, Arch. de Morph. Gén. et exp., 1922.

(2) Ehrlich considérait la polychromatophilie comme le produit d'une dégénérescence d'hématies oxyphiles. Presque tous les an-

2. L'évolution nucléaire peut se faire d'une manière atypique, qu'on ne rencontre ni chez l'adulte normal, ni chez l'embryon. Les hématies mises en circulation présentent alors des restes nucléaires spéciaux que nous allons décrire : anneau de Cabot ; granulations azurophiles, auxquelles il faut rattacher la polychromatophilie azurophile.

Les *anneaux de Cabot*, décrits par cet auteur en 1903 dans le sang de l'intoxication saturnine et retrouvés depuis dans l'anémie pernicieuse, présentent une morphologie assez variable. On trouve, soit un anneau parfaitement rond, plus ou moins épais, situé presque à la périphérie du globule rouge, soit un anneau beaucoup plus petit, soit, plus rarement, une figure en forme de huit, ou même deux anneaux situés l'un dans l'autre. Généralement homogène, l'anneau peut paraître constitué de fins granules accolés.

L'opinion classique, avec Cabot, le considère comme un reste de la membrane nucléaire de l'érythroblaste. Inspa a, de fait, publié des figures montrant une vacuolisation progressive du noyau, partant du centre et ne laissant subsister, pour finir qu'un anneau nettement marqué ; certaines formes bizarres s'expliqueraient de la même manière par la vacuolisation d'un noyau à contour irrégulier (1).

teurs la considèrent aujourd'hui comme un signe de jeunesse du globule rouge. On trouve, en effet, chez l'embryon, de nombreuses hématies polychromatophiles ; on en rencontre aussi quelques-unes dans la moelle osseuse de l'adulte normal, chez qui les différenciations cytoplasmique et nucléaire pourraient donc ne pas toujours aller de pair.

La plupart des hématologistes admettent l'identité des hématies polychromatophiles et de celles qui contiennent la substance granulo-filamenteuse. Ferrata ne partage pas cette opinion. D'après lui, tous les érythrocytes polychromatophiles présentent bien la substance granulo-filamenteuse, mais on trouve encore cette dernière dans des érythrocytes déjà orthochromatiques.

(1) La nature nucléaire de l'anneau de Cabot n'est pas universellement acceptée. Cesaris-Demel (*loc. cit.*, 1921) le considère comme la limite colorable entre la zone centrale moins dense de l'hématie et la zone périphérique plus compacte. L'anneau de Cabot pourrait être mis en évidence dans les hématies normales par diverses méthodes d'hypercoloration ; la colorabilité des anneaux par les méthodes ordinaires dans les cas pathologiques s'expliquerait par l'accroissement de la perméabilité du globule aux substances colorantes. Romieu (*loc. cit.*, 1922), de son côté, admet l'identité de l'anneau de Cabot avec la strie bordante de l'hématie, détachée de la périphérie cellulaire dans des cas pathologiques. Ces interprétations n'excluent pas, à notre avis, la possibilité d'une dégénérescence

C'est Naegeli qui a décrit, dans l'anémie, des hématies à *granulations azurophiles*. Il a considéré ces granulations comme d'origine nucléaire et destinées à se transformer en granulations basophiles. Ferrata et Viglioli (1911) y voient, de leur côté, le résultat d'une fragmentation nucléaire (caryorhexis) poussée à l'extrême ; mais ils n'admettent aucune relation d'origine entre granulations azurophiles et basophiles.

La *polychromatophilie azurophile* serait, d'après ces auteurs, l'aboutissement final de la dissolution des granules azurophiles. Elle ne doit pas être confondue avec la polychromatophilie ordinaire d'origine cytoplasmique.

3. Le cytoplasme ayant subi une maturation atypique, l'hématie anucléée peut contenir des *granulations basophiles*. Ces granulations, de nombre et de volume variables, fixent les colorants basiques, sur frottis desséchés, ainsi qu'Ehrlich l'a montré dès 1880.

Grawitz et Weidenreich ont cru qu'il s'agissait d'une dégénérescence granuleuse du protoplasme oxyphile. Cette théorie est actuellement abandonnée. On a pu établir, en effet, la présence constante d'érythrocytes et d'érythroblastes à granulations basophiles dans le sang et les organes hématopoïétiques de l'embryon. On sait, d'autre part, que l'intoxication par les sels de plomb fait apparaître dans la circulation de nombreuses hématies à granulations basophiles (Sabrazès). Or, Grawitz et Weidenreich devaient admettre que ces granulations basophiles se formaient dans le sang et non dans les organes hématopoïétiques. Mais Naegeli et Ferrata ont constaté que les granulations basophiles apparaissaient dans les érythroblastes et les hématies de la moelle avant de se montrer dans le sang. Aussi admet-on qu'il s'agit d'une forme de régénération atypique chez l'adulte, mais fréquente dans l'embryon.

Quant au problème de la signification morphologique des granulations basophiles, il a fait l'objet d'innombrables travaux.

Engel et Naegeli les ont fait dériver de la chromatine nucléaire ; Ferrata, de la parachromatine du noyau.

Les granules sont fréquemment à proximité du noyau dans les érythroblastes ; c'était un argument en faveur de leur origine nucléaire. On croyait, en outre, qu'ils n'apparaissaient que dans les érythroblastes à noyau déjà réduit, et on n'avait jamais signalé leur présence dans les globules rouges nucléés des vertébrés inférieurs.

nucléaire par vacuolisation centrale. Dans le cas où l'une de ces opinions se trouverait confirmée, il faudrait évidemment considérer les hématies à anneau de Cabot comme des formes dégénérées.

Le travail récent de De Falco a établi qu'il fallait, avec Pappenheim et Askanazy, considérer les granulations basophiles comme un reste de la basophilie primitive du protoplasme de l'érythroblaste. Cet auteur a montré toutes les transitions entre les plages basophiles des érythroblastes polychromatophiles et les granulations. Il a pu confirmer encore la théorie de l'origine cytoplasmique par la découverte de granulations basophiles typiques dans les hématies nucléées de divers vertébrés inférieurs intoxiqués à l'acétate de plomb.

*c)* On peut encore voir apparaître dans le sang une lignée d'érythrocytes qui n'existent normalement qu'aux premiers stades de la vie embryonnaire.

Les érythroblastes normaux de la moelle sont des érythroblastes définitifs (normoblastes dans le sens d'Ehrlich) qui produisent les érythrocytes définitifs ou normocytes. Mais dans certains cas pathologiques, on voit reparaître dans les organes hématopoïétiques et le sang de l'adulte des érythroblastes de plus grande taille, *érythroblastes primitifs* ou mégaloblastes (dans le sens d'Ehrlich) producteurs d'*érythrocytes primitifs* ou mégalocytes. Nous les retrouverons à propos de l'hématopoïèse chez l'embryon.

2° *Formes dégénérées.*

Les processus de dégénérescence dont le globule rouge est le siège peuvent être révélés par des modifications de forme, de grandeur ou d'oxyphilie.

Au lieu de ne trouver que des hématies arrondies, on peut en rencontrer qui présentent la forme de fuseau, de massue, de raquette, etc. On dit alors qu'il y a *poïkilocytose.* Ces modifications de forme peuvent être attribuées à un ramollissement du stroma globulaire.

Il arrive qu'au lieu de contenir des hématies de taille sensiblement égale, d'environ 7 μ, le sang renferme des globules de dimensions très diverses. On dit, dans ce cas, qu'il y a *anisocytose*, et l'on distingue alors des microcytes et des macrocytes. Les *microcytes*, de 2 à 7 μ, résultent généralement de la fragmentation d'hématies plus volumineuses. Les *macrocytes*, de 7 à 15 μ, peuvent provenir du gonflement d'hématies normales ; ils sont hypochromes et Naegeli les distingue des mégalocytes de type embryonnaire qui sont hyperchromes.

Les modifications de l'oxyphilie s'expliquent par des modifications du contenu hémoglobique.

La colorabilité du globule rouge peut être uniformément diminuée : c'est *l'hypochromie.* Il y a *chlorose* lorsque la plage centrale

incolore s'étend, sans que diminue la colorabilité des bords. Dans les deux cas, le globule est pauvre en hémoglobine.

La colorabilité peut, au contraire, être augmentée, le globule étant coloré parfois jusque dans son centre. Cette *hyperchromie* peut tenir à la richesse en hémoglobine, mais aussi à des modifications chimiques de celle-ci.

Dans certains cas graves d'anémie, on voit s'individualiser au sein du globule une masse arrondie, centrale ou excentrique, fortement acidophile, qui est le *corps d'Ehrlich-Heinz ;* sa formation s'explique peut-être par une transformation partielle de l'hémoglobine en méthémoglobine.

## § II. *Les globules blancs*

La découverte du globule blanc fut faite, un siècle après celle des globules rouges, par Spallanzani (1768) et Hewson (1770), qui décrivirent dans le sang des éléments réfringents et incolores.

Les travaux ultérieurs de Wharton Jones (1846) en Angleterre ; de Robin (1850) en France ; de Virchow (1853) en Allemagne, établirent qu'il fallait en distinguer plusieurs espèces et permirent à Max Schultze de donner en 1865 une classification qui fit date.

M. Schultze distinguait quatre types de globules blancs : 1° des globules à noyau arrondi, de taille sensiblement égale à celle des globules rouges ; 2° des globules plus grands, à large protoplasme, à noyau arrondi ; 3° des globules à protoplasme finement granuleux et possédant souvent plusieurs noyaux ; 4° enfin, des globules à grosses granulations réfringentes.

Ehrlich (1878) eut l'idée d'appliquer les couleurs d'aniline à l'étude des globules blancs. Sans perdre de vue tout ce qu'il doit à ses prédécesseurs, on peut dire que ses recherches furent le point de départ de l'hématologie moderne, en ce sens qu'elles dirigèrent les investigations ultérieures vers l'étude des propriétés tinctorielles des différents éléments cellulaires. Ehrlich distingue deux groupes de leucocytes : les uns ont un protoplasme dépourvu de granules ; les autres, un protoplasme granuleux.

Le *premier groupe*, caractérisé, en outre, par un protoplasme basophile et un noyau compact, comprend les *lymphocytes* (1re variété de Schultze) et les *grands mononucléaires* (2e variété de Schultze).

Le *second groupe*, caractérisé en même temps par un protoplasme légèrement oxyphile et un noyau polymorphe (non pas plusieurs noyaux, comme on l'a cru d'abord), comprend chez l'homme les *leucocytes à granulations* ε *neutrophiles* (3e variété de Schultze) ; les *leucocytes à granulations* α *éosinophiles* (4e variété de Schultze) et les *leucocytes à granulations* γ *basophiles*, découverts par Ehrlich. De plus, Ehrlich trouve dans le sang une *forme de transition* entre les grands mononucléaires et les polynucléaires neutrophiles. La classification d'Ehrlich a été conservée dans son ensemble. Toutefois, on réunit souvent les grands mononucléaires et les formes de transition dans le groupe des *monocytes* (1).

Nous passerons successivement en revue les lymphocytes, les monocytes et les granulocytes (neutrophiles, éosinophiles et basophiles) (2). Pour terminer, nous dirons un mot des leucocytes pathologiques.

### 1. LES LYMPHOCYTES

On dit souvent que les lymphocytes sont de petites cellules ayant à peu près la taille d'un globule rouge, et dans lesquelles le noyau occupe la plus grande partie du corps cellulaire. Cette définition, qui convient à certains lymphocytes, ne tient pas compte d'une variété à protoplasme plus volumineux. Les deux formes,

(1) Le sang de l'homme adulte normal contient de 5 à 8000 leucocytes par mm$^3$, dont : 18-22 % lymphocytes ; 6-9 % monocytes ; 70-72 % neutrophiles ; 2-4 % éosinophiles ; 0,5 % basophiles.

(2) Les granulocytes correspondent aux leucocytes au sens restreint de certains auteurs ; mieux vaut employer toujours le terme « leucocyte » comme synonyme de « globule blanc ».

Fig. 2.

1, Lymphoblaste ; 2, prolymphocyte ; 3, lymphocyte proprement dit ; 4, lymphocyte leucocytoïde : dans le protoplasme, granulations azurophiles ; 5, monoblaste ; 6, monocyte ; 7, monocyte, du type « forme de transition » ; 8, hémocytoblaste ; 9, myéloblaste proneutrophile ; 10, promyélocyte neutrophile ; 11, myélocyte neutrophile ; 12, métamyélocyte neutrophile ; 13, leucocyte neutrophile ; 14, myéloblaste proéosinophile ; 15, promyélocyte éosinophile : les granules les plus volumineux, souvent ovalaires, sont azurophiles ; 16, myélocyte éosinophile ; 17, métamyélocyte éosinophile ; 18, leucocyte éosinophile ; 19, mastmyéloblaste ; 20, mastmyélocyte ; 21, mastleucocyte ; 22, cellule de Rieder ; 23, cellule de Türk ; 24, cellule plasmatique. (D'après Ferrata.)

néanmoins, étant unies par tous les intermédiaires et possédant une structure nucléaire identique, ne peuvent être considérées comme deux espèces distinctes.

Le *lymphocyte proprement dit*, ou *petit mononucléaire*, possède un noyau arrondi et central entouré d'une mince couche de protoplasme fortement basophile. Le noyau, qui se colore d'une manière assez intense, présente un épais réseau chromatique à points nodaux souvent volumineux. Diverses colarations vitales y mettent parfois en évidence un ou deux nucléoles.

Le *lymphocyte leucocytoïde* de Pappenheim, ou *moyen mononucléaire*, possède un protoplasme plus abondant et moins basophile. Le noyau, excentrique, manifeste une légère tendance au polymorphisme : il est ovale, réniforme, ou incurvé quelque peu en fer à cheval. Pappenheim considère cette tendance au polymorphisme nucléaire et à l'extension du cytoplasme (c.-à-d. la tendance vers le type des leucocytes *stricto sensu*) comme un signe de vieillissement cellulaire.

Le *chondriome* est représenté, dans les lymphocytes à protoplasme réduit, par quelques grains mitochondriaux ; dans les cellules à protoplasme plus volumineux, on trouve, à côté de ces grains, des chondriocontes plus ou moins allongés, toujours situés dans la zone périnucléaire (Dubreuil, 1913). A l'aide d'une modification de la méthode d'Altmann, Schridde a mis en évidence, dans le protoplasme des lymphocytes, de petits *granules fuchsinophiles*, situés dans le voisinage du noyau. Il les a considérés d'abord comme des granulations spécifiques des lymphocytes. Mais Klein (1910) les ayant retrouvés dans les myéloblastes de la moelle, cette opinion a dû être abandonnée. Il s agit très probablement de formations mitochondriales et de grains de sécrétion, médiocrement mis en évidence par une méthode insuffisante.

En utilisant la méthode de Romanovsky, Michaëlis et Wolff (1902) ont découvert, dans le protoplasme des

lymphocytes, des granules colorés en rouge-violet, qu'ils ont appelés *granules azurophiles*, afin de marquer leur affinité spéciale pour l'éosinate d'azur. Ils ont cru un moment avoir abattu la barrière élevée par Ehrlich entre lymphocytes et granulocytes. Mais tous les travaux ultérieurs ont montré qu'il ne pouvait s'agir d'une granulation spécifique, comparable à celle des granulocytes. Les granules azurophiles, en effet, ne se trouvent pas dans tous les lymphocytes du sang, mais dans un tiers seulement, particulièrement dans les lymphocytes leucocytoïdes.

Les granules se présentent dans la cellule en nombre fort variable. Ils sont entourés, d'après Ferrata, d'un halo clair assez net, mais que Betances (1) ne retrouve pas toujours.

Ferrata les considère comme identiques aux « plasmosomes » qu'il a pu mettre en évidence à l'aide de la coloration vitale au bleu crésyl et au rouge neutre, et cette interprétation a été confirmée par Negreiros-Rinaldi. Betances, qui a repris les observations de ce dernier, est moins affirmatif et croit avoir noté certaines différences de forme et de topographie (2).

Branca (3) se demande si les granules azurophiles ne sont pas de nature mitochondriale. Aucun fait ne permet de le supposer. Les granulations azurophiles résistent à

(1) Betances, *La granulation azurophile*, Paris, 1918. Cet auteur, insistant après beaucoup d'autres sur le fait que les granules azurophiles, n'étant pas colorables par l'azur employé seul, ne sont pas vraiment azurophiles, a proposé de les nommer « granulations ζ ». Il faut remarquer que, dès 1910, Pappenheim a préconisé le terme de « granulation κ ».

(2) Dubreuil (1913) identifie les granules azurophiles aux grains de ségrégation contenus dans les vacuoles que colore le rouge neutre. La différence de volume entre ces vacuoles et les granules azurophiles serait due à ce que les grains n'occupent qu'une partie de la vacuole ; la différence de nombre s'expliquerait par l'absence de grains dans certaines vacuoles et par la labilité des grains azurophiles.

(3) Branca, *Précis d'Histologie*, 5e édition, 1921, p. 164.

la chaleur humide à 54° pendant une demi-heure et ne sont pas dissoutes par l'acide acétique à 10 % (Betances) ; le chondriome ne se conserverait pas dans ces conditions. En outre, alors que tous les lymphocytes possèdent un chondriome, une minorité seulement renferme des granules azurophiles.

Il s'agit, selon toute vraisemblance, d'un produit de sécrétion cellulaire, ce qui expliquerait bien la contingence de son apparition dans les lymphocytes. Il est possible d'ailleurs que le chondriome intervienne, mais d'une manière indirecte, dans sa formation.

A la suite de Pappenheim, un certain nombre d'auteurs attribuent aux granules une origine nucléaire et les considèrent comme des chromidies issues du noyau. Le seul argument qu'on puisse produire en faveur de cette opinion est que l'azurophilie nucléaire diminue tandis qu'apparaissent les granulations.

*Origine des lymphocytes.*

Comme nous le verrons, les différentes écoles d'hématologistes ne sont pas d'accord sur l'origine des lymphocytes.

Selon Ferrata, ceux-ci dérivent de l'hémocytoblaste des centres germinatifs des follicules lymphatiques, par l'intermédiaire du lymphoblaste et du prolymphocyte.

Le *lymphoblaste* possède un noyau pourvu de nucléoles, mais dont le réseau chromatique est moins homogène que celui de l'hémocytoblaste ; son protoplasme, basophile, ne contient jamais de granules azurophiles.

Les *prolymphocytes*, qui constituent toute la zone périphérique des follicules lymphatiques, sont plus petits que les lymphocytes du sang ; leur noyau, très colorable, contient de gros blocs chromatiques très caractéristiques, et est entouré d'une bande de protoplasme basophile à peine visible, où les granules azurophiles sont exceptionnels.

La maturation s'achève par un accroissement du protoplasme et une modification de l'aspect du noyau.

### 2. LES MONOCYTES

Les *monocytes* (lympholeucocytes de Pappenheim), parmi lesquels on range les grands mononucléaires et les formes de transition d'Ehrlich, sont les globules les plus volumineux du sang normal.

Le *protoplasme*, en général moins basophile que celui des lymphocytes, ne contient jamais de granulations colorables en violet par le triacide d'Ehrlich (1) : il n'est donc pas possible d'y admettre, comme l'a fait longtemps Naegeli, la présence de granules spécifiques neutrophiles.

Dans beaucoup de monocytes, on observe toutefois un nombre variable de fines *granulations azurophiles*. Celles-ci sont nettement différentes de celles des lymphocytes : elles sont plus nombreuses, plus petites, moins régulières et ne sont qu'exceptionnellement entourées d'un halo incolore. Naegeli, qui admet la présence de granulations semblables dans tous les monocytes, les considère actuellement comme des granulations spécifiques, au même titre que les granulations neutrophiles, éosinophiles et basophiles.

Le *noyau*, moins colorable que celui des lymphocytes, présente une structure caractéristique : il est finement strié par de nombreux filaments chromatiques. Contrairement à celui des lymphocytes, il ne contient presque jamais de nucléoles. Il peut être rond, ovalaire, réniforme, et, pour finir, étiré en fer à cheval ou bien irrégulier. Ces deux dernières formes nucléaires caractérisent ce qu'Ehrlich appelait les « formes de transition ». Pappenheim

(1) Le triacide d'Ehrlich est un mélange d'un colorant basique, le vert de méthyle, et de deux colorants acides, l'éosine et l'orange G. Il met en évidence les granules neutrophiles, en leur communiquant une teinte violette.

voit dans le polymorphisme du noyau un signe de vieillesse ; mais Naegeli (1) ne lui attribue cette portée que lorsqu'il s'accompagne de modifications de structure nucléaire ; d'après lui, il faut distinguer, parmi les monocytes à noyau polymorphe, des formes jeunes à réseau nucléaire plus fin et des formes âgées à réseau plus grossier.

En ce qui concerne le *chondriome*, il ne doit pas y avoir de différence sensible entre monocytes et lymphocytes leucocytoïdes ; car, les méthodes mitochondriales mettant mal en évidence les structures nucléaires caractéristiques de ces deux sortes de cellules, il est assez difficile de les distinguer.

*Origine des monocytes.*

La signification exacte des monocytes est encore extrêmement discutée. Maximov et Weidenreich prétendent qu'il est impossible de tracer une démarcation entre lymphocytes et monocytes ; ils considèrent ceux-ci comme un stade de vieillissement des lymphocytes. Naegeli, qui admet la présence, dans le protoplasme des monocytes, de granulations spécifiques, les range dans la série myéloïde à côté des granulocytes. Aschoff et Kiyono les ont fait dériver, en partie du moins, d'histiocytes du tissu conjonctif. Pappenheim et Ferrata les considèrent comme une troisième sorte de leucocytes, n'ayant aucun rapport avec les lymphocytes ou avec les polynucléaires granuleux.

Ferrata fait dériver les monocytes de l'hémocytoblaste, par l'intermédiaire du monoblaste. Ce *monoblaste*, que l'on trouverait non seulement dans la moelle osseuse, mais aussi dans la rate et les ganglions lymphatiques, conserve les nucléoles et le cytoplasme basophile de l'hémocytoblaste ; il diffère de ce dernier en ce que le réseau nucléaire présente l'aspect de minces filaments

(1) Cfr. Adler, *Zur Morphologie der Monozyten*, Fol. Haem., oct. 1922.

bien individualisés. Il importe de noter aussi qu'à ce stade, les granules azurophiles sont exceptionnels.

Nous reviendrons plus loin sur l'origine si controversée des monocytes.

### 3. LES GRANULOCYTES

Les cellules auxquelles on donne ce nom et qui représentent un constituant essentiel du sang, ont pour signe distinctif, dans leur protoplasme, des granulations caractérisées par leurs affinités tinctorielles : les unes prennent les colorants acides, ou le constituant acide d'un réactif composé (d'où leur nom d'acidophiles, ou oxyphiles, ou éosinophiles) ; d'autres s'imprègnent de colorants basiques (basophiles) ; d'autres enfin prennent une teinte qui résulte de l'action combinée d'un colorant acide et d'un colorant basique (neutrophiles).

On ne trouve dans une cellule donnée qu'une espèce de granulations : d'où le nom de granulations spécifiques.

#### A. LES LEUCOCYTES NEUTROPHILES

Les *leucocytes neutrophiles* sont des leucocytes à noyau polymorphe dont le protoplasme contient de fins granules ε neutrophiles (1).

Sur le vivant, le *protoplasme* des leucocytes neutro-

(1) Tandis que l'homme et le singe possèdent des granulations neutrophiles, le cobaye et le lapin possèdent des granulations β amphophiles, colorables à la fois par les colorants acides et les colorants basiques, mais ne fixant pas les colorants neutres. Quand on met en présence de ces granules amphophiles de l'éosine (acide) et du bleu de méthylène (basique), on constate qu'ils fixent de préférence l'éosine : aussi les appelle-t-on quelquefois pseudoéosinophiles. Les granulations amphophiles, comme les neutrophiles, sont plus nombreuses et plus fines que les granulations éosinophiles. Aussi Weidenreich a-t-il opposé les leucocytes à grosses granulations (éosinophiles) aux leucocytes à fines granulations. Cette opposition est d'ailleurs renforcée par d'autres critères morphologiques et physiologiques (polymorphisme plus grand du noyau et tendance plus marquée à la diapédèse chez les leucocytes à fines granulations).

philes présente un ectoplasme hyalin, qui forme les pseudopodes des mouvements amiboïdes, et un endoplasme granuleux, beaucoup moins mobile.

Les méthodes mitochondriales y mettent en évidence un *chondriome*, composé de mitochondries granuleuses et de bâtonnets trapus, en général un peu plus gros que les granulations spécifiques ; on n'observe pas de longs chondriocontes comme dans les cellules indifférentes de la moelle.

Coloré, le protoplasme se montre légèrement oxyphile.

Les *granules neutrophiles* sont fort petits et très nombreux. Le triacide d'Ehrlich les colore en violet : son emploi constitue leur meilleur moyen d'identification.

Barranikow (1910) et Döhle (1911) ont découvert, dans le protoplasme des leucocytes neutrophiles, des corpuscules spéciaux basophiles, arrondis, bacilliformes ou légèrement incurvés, au nombre de un à trois par globule. Considérées d'abord comme caractéristiques de la scarlatine et comme représentant une forme évolutive de l'agent de cette maladie, ces *inclusions basophiles* ont été retrouvées dans diverses affections et existeraient même à l'état normal dans un petit nombre de leucocytes neutrophiles. Ce sont, pour Pappenheim et Sabrazès, des restes de la basophilie primitive du cytoplasme, au même titre que la ponctuation basophile des érythrocytes. D'autres auteurs (Weill, Accoyer) les considèrent, au contraire, comme des bourgeons détachés du noyau (1).

Le *noyau* possède un réseau à larges mailles, constitué de filaments assez épais, bien colorables, formant à leurs points de rencontre des nœuds plus volumineux ; il n'y a pas de nucléoles.

(1) Cfr. P. Weill, *Études sur les leucocytes : II. Les corpuscules basophiles des leucocytes neutrophiles*, Arch. d'Anat. micr., 18, 1921 ; — J. Sabrazès, *Enclaves basophiles des polynucléaires*, C. R. Soc. Biol., 1922 ; — H. Accoyer, *Les corpuscules leucocytaires de* Barranikow-Döhle, Presse méd., 10 mai 1922.

L'allure des contours nucléaires est extrêmement variable. On trouve des noyaux non segmentés, en fer à cheval, se distinguant du noyau des métamyélocytes — dont nous parlerons bientôt — par un plus grand degré d'étirement et une épaisseur moindre. Mais la plupart des leucocytes neutrophiles possèdent un noyau divisé en lobes unis par de minces filaments chromatiques ; le nombre de ces segments varie, chez l'homme, de deux à cinq (1). Les segments peuvent être disposés en une chaîne incurvée ; cette chaîne peut être secondairement tordue en S, en nœud, en spirale (Weidenreich). Fait curieux : la sphère cellulaire, toutes les fois qu'on peut la mettre en évidence, se trouve dans la concavité du noyau. Il faut aussi remarquer la solidité des filaments nucléiniens qui unissent les lobes : ils ne se rompent jamais à l'état normal.

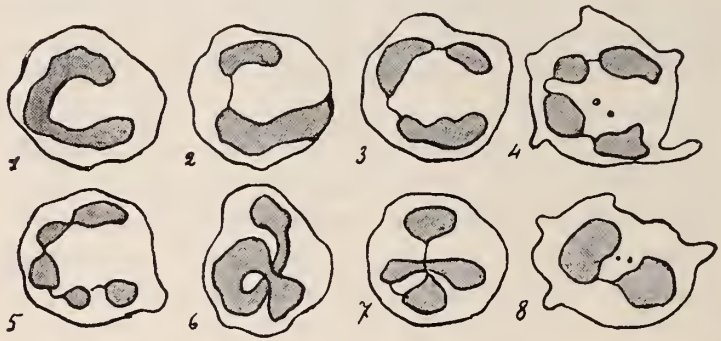



Fig. 3.

Noyaux de leucocytes neutrophiles ; un noyau d'éosinophile, en bissac, à été représenté en 8, à titre de comparaison ; en 4 et en 8, on voit deux centrioles dans la concavité du noyau. (D'après Weidenreich.)

Certains auteurs ont vu dans le polymorphisme nucléaire une conséquence des mouvements amiboïdes actifs du leucocyte. Depuis Ranvier, toute une série d'obser-

(1) On trouve jusqu'à quinze segments chez le singe (Krumbhaar and Musser, *Studies of the blood of normal monkeys*, Journ. of Med. Res., 1920).

vateurs ont cru remarquer que, dans les globules vivants, le nombre de lobes nucléaires peut varier d'un moment à l'autre. Étant donnée la difficulté de l'observation vitale, ces interprétations ne doivent être admises que sous réserve : une simple superposition passagère de deux lobes voisins peut facilement être prise pour une fusion de ceux-ci. Nous croyons plutôt, avec Weidenreich, que la cause du polymorphisme n'est pas une simple action mécanique, mais une tendance interne vers une différenciation qui assure un accroissement de la surface d'échanges entre le protoplasme et le noyau. Les mouvements amiboïdes n'auraient d'influence que sur les positions relatives des divers lobes et sur la forme de chacun d'eux.

Weidenreich admet encore que le nombre de lobes est en rapport avec l'âge de la cellule : les cellules les plus âgées seraient celles dont le noyau est le plus polymorphe. Arneth, qui est arrivé dès 1904 par la clinique à l'opinion que Weidenreich fonde sur des considérations morphologiques, trouve constamment, à l'état normal, 5 % de neutrophiles à un lobe ; 35 % à deux lobes ; 41 % à trois lobes ; 17 % à quatre lobes ; 2 % à cinq lobes. Ces proportions peuvent varier dans des cas pathologiques : on dit qu'il y a déviation à gauche de la *formule d'Arneth*, quand dominent les formes à un ou deux lobes ; il y a déviation à droite quand ce sont les formes à lobes nombreux qui l'emportent. La déviation à gauche indiquerait la prédominance de cellules jeunes ; la déviation à droite, celle d'éléments vieillis (1).

Schilling-Torgau a constaté depuis que certaines formes unilobées ont un noyau particulièrement colorable et montrant une sorte de tendance à la pycnose : on ne peut évidemment les considérer comme des formes jeunes. C'est une observation dont il faut tenir compte.

(1) On trouvera les idées de l'auteur réunies dans : J. Arneth, *Die qualitative Blutlehre*, 2 vol., 1920.

Beaucoup d'auteurs n'attribuent qu'une valeur médiocre à la formule d'Arneth, même ainsi corrigée. On admet souvent, en effet, que la recherche des myélocytes et des métamyélocytes suffit pour déceler la tendance à la régénération globulaire ; enfin, on ne possède aucun argument direct pour montrer qu'une forme à cinq lobes, par exemple, est plus âgée qu'une forme n'en possédant que trois.

*Origine des leucocytes neutrophiles.*

On a longtemps admis que, chez l'adulte, les leucocytes granuleux ne naissaient que par la division de cellules granuleuses préexistantes. Aujourd'hui, les hématologistes sont unanimes à faire dériver les leucocytes neutrophiles d'une cellule de la moelle osseuse, dépourvue de granules, et à laquelle on a donné des noms divers : hémocytoblaste (Ferrata), lymphoïdocyte (Pappenheim), myélocyte basophile (Dominici), myéloblaste (Naegeli).

Cette cellule originelle, que nous appellerons avec Ferrata l'*hémocytoblaste*, est un élément arrondi dont la taille peut varier de celle d'un monocyte à celle d'un petit lymphocyte (de 7 à 20 μ, d'après Negreiros-Rinaldi). On y trouve, dans un protoplasme basophile, absolument dépourvu de granulations, un noyau bien caractéristique : central ou légèrement excentrique, arrondi ou quelque peu déprimé en un point correspondant à l'emplacement de la sphère et de ses centrioles, relativement grand par rapport au protoplasme, le noyau de l'hémocytoblaste possède un réseau chromatique d'une finesse remarquable (noyau en voilette de Lemaire) avec un ou, généralement, plusieurs nucléoles.

La première modification que manifeste cette cellule consiste dans l'élaboration de granulations azurophiles un peu plus grandes que les granulations neutrophiles et dont la signification est extrêmement discutée.... Pour Pappenheim, l'apparition de ces granulations dans le

protoplasme d'une cellule indifférente répond à une activité sécrétoire passagère et n'est pas un critère de différenciation. Ferrata, au contraire, y voit la première phase de l'évolution de ces cellules vers l'état neutrophile ; il a donné aux hémocytoblastes ainsi modifiés le nom de *myéloblastes proneutrophiles*. Ferrata s'appuie sur ce fait que chez l'embryon les hémocytoblastes du foie ne contiennent pas de granulations azurophiles aussi longtemps que le foie ne produit que des globules rouges, mais qu'un certain nombre commencent à en montrer, dès qu'apparaissent les premiers granulocytes. Toutefois, il ne va pas jusqu'à admettre avec Naegeli qu'il s'agit de jeunes granules neutrophiles destinés à subir des changements de chromophilie au cours de leur maturation. Il s'agit d'une granulation prodromale, dont l'apparition précède celle des granulations neutrophiles spécifiques ; les petites granulations azurophiles, d'après Ferrata, ne se transforment pas en grains neutrophiles, mais disparaissent tandis que se forment les granulations spécifiques. En faveur d'une interprétation comme celle de Naegeli, on pourrait noter que la méthode du triacide met quelquefois en évidence dans les cellules à granulations azurophiles de fins granules neutrophiles qui échappent à l'observateur dans les préparations colorées aux méthodes de Romanovsky ; mais il ne peut être question de confondre ces petits granules neutrophiles avec les grains azurophiles plus volumineux.

La cellule, poursuivant sa différenciation, devient ce qu'on appelle un *promyélocyte neutrophile*. Le noyau, qui avait conservé jusqu'ici ses nucléoles et son réseau chromatique délicat, évolue insensiblement vers le type myélocytaire, sans nucléoles, à structure chromatique plus grossière ; en sorte qu'on trouve des promyélocytes ayant presque un noyau d'hémocytoblaste, et d'autres possédant presque un noyau de myélocyte. Le cytoplasme perd graduellement sa basophilie et les petits

granules azurophiles disparaissent, pendant que s'élaborent, surtout au niveau de la sphère, les premières granulations neutrophiles.

Le stade ultérieur est celui de *myélocyte neutrophile.* Le protoplasme, complètement chargé de granulations neutrophiles, est devenu oxyphile, et le noyau, maintenant arrondi ou réniforme, a acquis un réseau plus grossier et plus colorable.

Dans la phase suivante, celle de *métamyélocyte*, le noyau s'est allongé en fer à cheval, tout en conservant une épaisseur notable.

Le noyau continuant à s'étirer, la cellule devient enfin le *leucocyte neutrophile ;* cet élément passe dans le sang, et, durant son évolution ultérieure intravasculaire, son noyau se segmente et acquiert plusieurs lobes.

Ajoutons que la différenciation cellulaire s'accompagne, dans ce cas comme dans tant d'autres, d'une *réduction du chondriome* des éléments indifférents. Cela pourrait faire supposer que le chondriome joue un rôle, direct ou indirect, dans l'élaboration des granules spécifiques.

### B. LES LEUCOCYTES ÉOSINOPHILES

Les *leucocytes éosinophiles*, comme nous l'avons déjà dit, doivent leur nom à ce qu'ils contiennent dans leur protoplasme des granulations α éosinophiles, colorables électivement par les colorants acides, à l'exclusion des colorants neutres ou basiques.

Le *noyau* y est moins polymorphe que celui des neutrophiles. Il affecte d'ordinaire une forme en bissac. On trouve toutefois, mais plus rarement, des noyaux à trois et même à quatre lobes. Les lobes sont toujours massifs, généralement ronds ou ovales ; les mouvements amiboïdes de la cellule, moins prononcés que chez les neutrophiles, ne les déplacent que médiocrement l'un par rapport à l'autre (Weidenreich). Le réseau chromatique est assez grossier ; il n'y a pas de nucléoles.

Le *protoplasme* est légèrement oxyphile. Il ne contient que de rares mitochondries, granuleuses ou en forme de courts bâtonnets (1). La sphère, quand elle existe, est logée dans la concavité du bissac nucléaire.

Les *granulations*, si nombreuses que le protoplasme en apparaît bourré,sont de forme sphérique chez l'homme (2); leur volume est nettement supérieur à celui des granulations neutrophiles.

La *nature* de ces granulations est fort discutée.

Sur le vivant, les granules ont un aspect réfringent qui pourrait les faire prendre pour des gouttelettes de graisse ; leurs propriétés microchimiques montrent toutefois qu'elles n'ont pas cette composition (Ehrlich).

Weidenreich a prétendu que les granulations éosinophiles n'étaient que de l'*hémoglobine phagocytée*. Il admet que, par suite d'une disposition spéciale, les hématies phagocytées ne sont pas digérées, comme cela se produit d'ordinaire, mais se transforment rapidement en granulations éosinophiles. Sa théorie attribue aux granules une origine extérieure et une nature hémoglobique.

Pareille théorie ne semble guère soutenable, pour les raisons suivantes.

Tout d'abord, comme le remarque Naegeli, on conçoit mal qu'en phagocytant une substance étrangère, la cellule indifférente acquière des propriétés spécifiques qui la rendent précisément comparable aux autres granulocytes.

De nombreux auteurs, qui ont repris l'étude de la

(1) L'observation du chondriome après coloration vitale au vert janus donne de mauvais résultats (E. V. Cowdry) : les cellules sont faiblement perméables au colorant ; en outre, les granulations éosinophiles réfringentes cachent souvent les mitochondries.

(2) Chez le chat, chez les oiseaux et les reptiles, les granules, allongés en bâtonnets, sont de la variété « cristalloïde » (Ehrlich). Les granules les plus volumineux se rencontrent chez le cheval, pour les mammifères, et chez l'axolotl, pour les vertébrés inférieurs. Beaucoup de poissons en ont de très petits (Pappenheim).

question, et tout récemment encore Ringoen (1), n'ont observé aucun aspect microscopique qui plaide en faveur de la théorie de Weidenreich : il semble bien que les débris d'hématies phagocytés subissent toujours une digestion intracellulaire.

D'autre part, on trouve des cellules à granulations éosinophiles chez des animaux inférieurs — les mollusques, par exemple — qui ne possèdent ni hématies, ni hémoglobine en solution dans le plasma (Pappenheim).

D'ailleurs, dès ses premiers travaux, Ehrlich (1879) a montré qu'on n'est pas en droit d'identifier la substance des granules éosinophiles avec l'hémoglobine. Il y a bien des ressemblances apparentes, telles l'oxyphilie et la couleur jaune verdâtre à l'état frais. Mais l'oxyphilie des granulations α est plus prononcée que celle de l'hémoglobine (2).

Enfin, divers auteurs, dont Maximov, Downey, Ringoen, Michels (3), ont montré que les granules éosinophiles sont d'abord basophiles, et subissent au sein de la cellule une maturation progressive, comportant des changements de réaction, de grandeur et de forme incompatibles avec une origine exogène dans le sens de Weidenreich. On n'a aucune raison de séparer les granulations α des autres granulations spécifiques.

Barker prétend, il est vrai, avoir décelé du fer dans les granules α ; ceci indiquerait une parenté avec l'hémoglobine ; mais le fait a été nié par Askanazy.

Si les granulations éosinophiles ne sont pas formées de matériaux venus de l'extérieur, ni d'hémoglobine, quelle est leur constitution ? J. Weiss et Petry ont établi

(1) A. Ringoen, *The origin of the eosinophil leucocytes of Mammals*, Fol. Haemat., 27, 1921.

(2) Alors que l'hémoglobine fixe l'aurantia du « Triglyceringe-misch » d'Ehrlich, se montrant donc xanthophile, les granules α fixent l'éosine, se révélant donc érythrophiles.

(3) N. A. Michels, *Sur l'origine des granulations éosinophiles*, C. R. Soc. Biol., 1922.

qu'elles résistent à l'action de la trypsine ; c'est un argument contre leur nature albumineuse. Leur colorabilité *in vivo* par divers colorants basiques plaiderait en faveur d'une nature lipoïde ; mais, vraisemblablement, ce qu'on colore n'est pas le granule même, mais une couche lipoïde qui l'entoure (Pappenheim). Les granules α paraissent constitués par une substance protéique complexe de nature inconnue. C'est tout ce qu'on peut affirmer (1).

*Origine des leucocytes éosinophiles.*

Le développement du leucocyte éosinophile se poursuit d'une manière parallèle à celui du leucocyte neutrophile.

L'*hémocytoblaste* indifférent de la moelle élabore de volumineuses granulations azurophiles et devient ainsi *myéloblaste proéosinophile* (Ferrata). Ces granulations azurophiles sont plus grandes et moins nombreuses que celles du myéloblaste proneutrophile.

Le *promyélocyte éosinophile*, qui constitue la phase suivante, possède un noyau de structure intermédiaire entre le type hémocytoblastique et le type myélocytaire. Son protoplasme, encore plus ou moins basophile, s'est chargé des premières granulations éosinophiles, tandis

(1) La « substance α » serait identique, d'après Liebreich (*Le sang in vitro*, Paris, Masson, 1921), à la substance des cristaux de Charcot-Leyden. On sait que ceux-ci se forment partout où il y a accumulation et destruction d'éosinophiles, et l'on admet en général qu'ils proviennent des granulations dissoutes. Liebreich considère la « substance α » comme une sécrétion leucocytaire, abondamment produite pendant la coagulation, cristallisant, d'une part, dans le plasma sous forme de cristaux de Charcot, pour contribuer à la formation de la fibrine, et pouvant cristalliser instantanément, d'autre part, au sein de la cellule. L'auteur obtient, dans certaines conditions expérimentales, une éosinophilie *in vitro*, qu'il attribue à cette cristallisation instantanée de la « substance α » au sein des leucocytes. Nous ne contestons pas l'intérêt des expériences de l'auteur ; mais son hypothèse sur la production des granules éosinophiles ne tient pas suffisamment compte des données acquises sur le développement cytoplasmique et nucléaire des leucocytes éosinophiles.

que disparaissent les volumineux granules azurophiles. Pas plus que pour les neutrophiles, il n'y a, d'après Ferrata, transformation des granules azurophiles en granulations spécifiques. Nous croyons toutefois devoir remarquer que, vu la rareté des cellules à granulations éosinophiles, la signification des grosses granulations azurophiles proéosinophiles est établie avec moins de certitude que celle des petites granulations azurophiles proneutrophiles.

On trouve quelquefois, parmi les granulations éosinophiles, des granules de même taille, montrant une affinité plus ou moins grande pour les colorants basiques. Ces granules, qui se retrouvent dans certains myélocytes, représentent une forme de jeunesse des granules éosinophiles, et se distingueraient des granulations azurophiles proéosinophiles par leurs affinités tinctorielles, leur morphologie et leur localisation.

Dans le *myélocyte éosinophile*, le noyau, rond, ovale ou réniforme, est dépourvu de nucléoles et fortement coloré ; sa structure grossière ressemble fort à celle du noyau du leucocyte définitif. Le protoplasme, légèrement oxyphile, est entièrement chargé de granulations α.

Le noyau se courbant en fer à cheval, la cellule devient un *métamyélocyte*, qui donne enfin le *leucocyte éosinophile* à noyau en bissac.

### C. LES LEUCOCYTES BASOPHILES

Nous en arrivons à la troisième espèce de granulocytes : les *leucocytes basophiles* ou *mastleucocytes* (1), découverts

(1) Ehrlich découvrit en 1877, dans le tissu conjonctif, des cellules à granulations basophiles métachromatiques ; leur attribuant un rôle nutritif, il les appela cellules-engrais *(Mastzellen)*. Trouvant ensuite dans le sang des leucocytes contenant des granules d'affinité tinctorielle semblable, il considéra ces globules comme identiques aux cellules à granulations correspondantes du tissu conjonctif, et leur donna aussi le nom de Mastzellen. On n'admet plus

par Ehrlich, et caractérisés par des granulations γ basophiles. Leur *noyau* est de forme variable d'une espèce animale à l'autre. Chez le cobaye, par exemple, il est assez nettement subdivisé en deux ou trois lobes. Chez l'homme, cette lobulation est moins marquée : le noyau du mastleucocyte, qui occupe une assez grande partie du corps cellulaire, offre en général un aspect massif, mais à contours irréguliers, rappelant quelquefois, assez vaguement, la feuille de trèfle ; par les méthodes hématologiques ordinaires, le réseau chromatique apparaît beaucoup moins nettement que dans les autres granulocytes.

On a décrit dans le *protoplasme* un réseau basophile. Celui-ci distinguerait les mastleucocytes des autres leucocytes granuleux. Mais Maximov a montré qu'il s'agit là d'une altération. Jusqu'ici, on n'a pas réussi à y mettre un *chondriome* en évidence.

Les *granulations* γ, rondes chez l'homme, ovales chez le cobaye, sont basophiles et métachromatiques. Elles sont très solubles dans l'eau.

Lorsqu'il découvrit les mastleucocytes, Ehrlich leur attribua la même signification morphologique qu'aux leucocytes neutrophiles et éosinophiles.

Arnold s'est opposé à cette conception et a considéré les mastleucocytes comme un stade de jeunesse des éosinophiles. On sait actuellement qu'il n'en est rien. On trouve bien dans certains jeunes myélocytes éosinophiles quelques granulations basophiles ; mais ces granulations ne sont pas métachromatiques et n'ont rien de commun avec les granulations γ.

Pappenheim et Weidenreich ont prétendu séparer les

actuellement l'identité des Mastzellen du sang et des tissus, au moins chez les vertébrés supérieurs. Aussi Maximov a-t-il proposé de réserver le nom de Mastzellen aux cellules histiogènes, et de nommer mastleucocytes les cellules à granulations basophiles du sang.

mastleucocytes des autres granulocytes pour en faire des lymphocytes dégénérés.

Pappenheim considère les granulations γ comme le produit d'une dégénérescence mucoïde du protoplasme des lymphocytes. Il insiste d'abord sur la variabilité de dimensions et de forme que des méthodes fort diverses révèlent dans les granulations γ. En outre, ces granulations, comme la mucine, sont métachromatiques. D'autre part, le caractère compact et la taille relativement grande du noyau dans les mastleucocytes ne révèlent-ils pas leur nature lymphocytaire ? Pappenheim prétend enfin qu'on ne trouve pas dans la moelle osseuse les myélocytes basophiles, d'où les mastleucocytes devraient dériver suivant la théorie d'Ehrlich ; aussi admet-il que les lymphocytes subissent la dégénérescence mucoïde dans le sang.

Weidenreich prend une position moins radicale. Il admet que, dans le cobaye, les mastleucocytes sont de véritables granulocytes. Mais les leucocytes basophiles de l'homme sont, pour lui, des lymphocytes en dégénérescence cytoplasmique et nucléaire. La technique de Weidenreich lui montre dans les mastleucocytes un noyau compact, presque sans structure, à contours irréguliers. De ce noyau se détachent, par un processus de caryorhexis, de petits bourgeons basophiles qui ne seraient autres que les granulations γ. Le cytoplasme révèle, lui aussi, des signes de régression : il se vacuolise ; la sphère disparaît.

Les travaux de Maximov ont établi l'inexactitude de ces deux théories. L'utilisation d'une technique adéquate (1) excluant les solutions aqueuses qui dissolvent les granules, lui a permis de reconnaître, dans tous les mastleucocytes, de nombreux granules régulièrement sphériques, bien

(1) Fixation à l'alcool absolu ; coloration à la thionine en solution alcoolique.

qu'assez inégaux (1). Le petit nombre et l'irrégularité des granules trouvés par Weidenreich, l'aspect vacuolisé du cytoplasme, les apparences de bourgeonnement nucléaire, tout cela est imputable à ses méthodes qui dissolvent les granules et font diffuser leur substance dans le cytoplasme et hors de la cellule. Ajoutons que Freifeld a prouvé l'existence d'une sphère dans les mastleucocytes, comme dans les autres globules blancs, et qu'on a pu établir que les granulations $\gamma$ ne présentent pas toutes les réactions de la mucine. Maximov ne découvre donc aucun signe de dégénérescence cytoplasmique, pas davantage trace de dégénérescence nucléaire. Sa technique nous montre dans le noyau un réseau chromatique fort net, un peu plus lâche que celui des neutrophiles; les lobes nucléaires sont plus largement unis que dans les autres leucocytes, d'où l'aspect massif du noyau ; il s'agit donc ici d'un polymorphisme spécial, et si les dimensions nucléaires ne dépassaient pas celles qu'on rencontre dans les autres granulocytes, rien dans le leucocyte basophile ne rappellerait la structure lymphocytaire.

Maximov, suivi par d'autres, a porté aussi ses recherches sur la moelle osseuse de nombreux mammifères. Toujours on a trouvé des myélocytes basophiles bien caractéristiques, ce qui dément formellement les assertions de Pappenheim. Enfin, le fait que le nombre de leucocytes à granulations basophiles augmente dans la leucémie myéloïde, tandis qu'il reste stationnaire dans la leucémie lymphoïde, achève d'établir l'impossibilité de tout rapprochement avec les lymphocytes.

*Origine des leucocytes basophiles.*

D'après ce que nous venons de voir, on peut considérer comme acquis que les mastleucocytes se forment avec les autres granulocytes dans la moelle osseuse.

(1) Grâce à la coloration vitale, Ferrata et Golinelli ont pu faire une constatation analogue.

Ferrata admet toutefois qu'on ne peut distinguer dans l'évolution de ces éléments un aussi grand nombre de stades constants et caractéristiques que pour les leucocytes à granulations α et ε.

L'*hémocytoblaste*, se chargeant d'un nombre variable de granules basophiles, donne le *mastmyéloblaste* (1) ; ce dernier se différencie alors en *mastmyélocyte*, dont le noyau ne se distingue de celui du *mastleucocyte* que par l'absence du polymorphisme (2).

### 4. LES LEUCOCYTES PATHOLOGIQUES

Le sang normal ne contient que les cinq types de leucocytes décrits plus haut. A l'état pathologique, on peut y trouver en outre toutes les formes jeunes dont nous avons parlé, et qui ne se rencontrent normalement que dans les organes hématopoïétiques. Le sang pathologique peut renfermer encore des formes spéciales dont les unes apparaissent clairement comme des leucocytes en dégénérescence, tandis que d'autres sont nettement atypiques.

Les *processus de dégénérescence* dont les leucocytes peuvent être le siège sont assez nombreux.

Le protoplasme des cellules lymphoïdes peut se vacuoliser et leur noyau devenir pycnotique. Les granules des leucocytes à noyau polymorphe peuvent disparaître ; le polymorphisme nucléaire peut augmenter outre mesure ; la cellule entière peut enfin s'hypertrophier.

Alors que dans les leucocytes normaux la coloration vitale au Soudan III ne décèle que rarement quelques fines gouttelettes de

(1) On trouve parfois dans les formes jeunes, à côté de granules métachromatiques, d'autres granules simplement basophiles, les formes extrêmes étant unies par tous les intermédiaires. Certains auteurs, Naegeli, par exemple, considèrent les granules simplement basophiles comme une forme jeune des granules métachromatiques. Une maturation granulaire semblable a été récemment décrite par Michels (C. R. Soc. Biol., 1922) dans les Mastzellen histiogènes de certains vertébrés inférieurs.

(2) Le lecteur s'étonnera peut-être de ne pas trouver ici un paragraphe sur la vraie nature et le rôle des granulations spécifiques, que nous n'avons définies jusqu'ici que par leurs caractères de forme et de colorabilité. Mais les interprétations proposées à ce sujet (grains de sécrétion ; corpuscules actifs dans le fonctionnement cellulaire lui-même) se sont bornées à de pures suggestions.

graisse, il y a des circonstances où les leucocytes — particulièrement les neutrophiles — se montrent bourrés de pareilles inclusions (Cesaris-Demel).

On distingue trois sortes de *leucocytes atypiques :* les cellules de Rieder, les cellules d'irritation de Türk et les plasmocytes.

Les *cellules de Rieder* sont des cellules lymphoïdes dont le protoplasme basophile contient souvent des granulations azurophiles analogues à celles des monocytes. Le noyau, irrégulièrement polymorphe, possède parfois la structure de celui de l'hémocytoblaste et contient alors des nucléoles ; dans d'autres cas, la structure paraît intermédiaire entre celle des monocytes et celle des lymphocytes.

Naegeli considère ces cellules comme des lymphocytes pathologiques. Suivant Pappenheim et Ferrata, il faudrait y voir un produit de maturation atypique de l'hémocytoblaste, sans exclure l'hypothèse que les cellules lymphoïdes du sang, et surtout les monocytes, participent à leur production.

Les *cellules d'irritation de Türk* sont des cellules à protoplasme fortement basophile, souvent vacuolisé et exempt de toute granulation. Le noyau, généralement excentrique, rappelle dans certains cas celui de l'hémocytoblaste. Dans d'autres cellules, généralement plus petites, le noyau ressemble, au contraire, à celui des lymphocytes.

On a soutenu que ces éléments se confondent avec les plasmocytes. Mais ceux-ci s'en distinguent par une structure chromatique radiaire et par la présence autour du noyau d'un halo clair. Naegeli considère la forme d'irritation de Türk comme un myéloblaste pathologique. Ferrata admet, ce qui revient au même, qu'elle représente en général un hémocytoblaste pathologique ; mais il n'exclut pas la possibilité de leur formation aux dépens des cellules lymphoïdes du sang normal ; enoutre, d'après Iuspa et Negreiros-Rinaldi, des proérythroblastes pourraient se transformer en cellules de Türk.

Enfin, les *plasmocytes*, appelés encore cellules plasmatiques ou « Plasmazellen », sont des cellules lymphoïdes à protoplasme très basophile, souvent vacuolaire et dépourvu de granulations ; leur noyau, excentrique, entouré d'un halo clair, présente une structure radiaire caractéristique, qui se distingue de la structure du noyau des érythroblastes par un volume et une individualisation plus grands des masses chromatiques.

On ne rencontre les plasmocytes qu'exceptionnellement. Naegeli les considère comme des lymphocytes pathologiques. Ferrata, se fondant sur le fait que ces cellules se rencontrent normalement dans le tissu conjonctif en général et dans celui des organes hématopoïé-

tiques en particulier, admet que c'est de là qu'elles pénètrent dans le sang pour une cause pathologique. Il voit la souche de ces éléments dans des cellules conjonctivales à caractères embryonnaires (hémohistioblastes) et dans des lymphocytes des tissus.

## § III. *Les plaquettes sanguines*

On donne le nom de *plaquettes sanguines* à de petits éléments sans noyau, dépourvus d'hémoglobine et propres au sang des mammifères. On les trouve, chez l'homme, au nombre de deux à trois cent mille par mm³ de sang.

Aperçus dès 1844 par Donné qui, en raison de leurs faibles dimensions, les nomma globulins ; revus deux ans plus tard par Zimmermann qui les appela vésicules élémentaires, les nouveaux éléments furent décrits pour la première fois par Max Schultze (1865) avec une précision suffisante pour qu'on puisse les reconnaître à coup sûr.

Les premiers auteurs n'attribuèrent qu'une médiocre importance à ce qu'ils considéraient comme de simples particules protoplasmiques ou fibrineuses.

Hayem (1878) comprit qu'il s'agissait d'un « véritable élément anatomique faisant partie de la constitution normale du sang ». Dans une théorie restée longtemps classique en France, il en fit le germe des globules rouges, et les nomma hématoblastes (1).

Bizzozero (1882) fut le grand adversaire de cette conception ; il montra ce qu'elle avait d'invraisemblable après les travaux de Neumann et les siens sur les cellules hémoglobinifères de la moelle. Pour lui, les hématoblastes de Hayem ne sont pas les formes jeunes des globules rouges, mais ils représentent un troisième élément morphologique du sang, à côté des globules rouges eux-mêmes et des globules blancs. Bizzozero leur donna le nom de plaquettes sanguines, expression qui a sur celle de Hayem l'avantage de ne pas préjuger de la signification des éléments envisagés et qui a prévalu (2).

(1) Hayem se basait sur de prétendues ressemblances morphologiques entre les plaquettes et les globules rouges, ainsi que sur une fausse interprétation de la réaction hématoblastique qui accompagne la régénération du sang, après une saignée ou un accès de paludisme, par exemple.

(2) L'important rôle attribué aux plaquettes dans la coagulation du sang leur a encore fait donner le nom de thrombocytes (Dekhuyzen, Morawitz). Mieux vaut réserver ce nom aux éléments

### A. MORPHOLOGIE DES PLAQUETTES

Examinées à frais, après coloration vitale, les plaquettes apparaissent avec une forme arrondie ou légèrement ovale (1) ; leur diamètre varie de 2 à 5 , les plus grandes n'atteignant pas les dimensions d'un globule rouge.

On y distingue une substance de fond hyaline, qui a reçu de Puchberger (1902) le nom d'*hyalomère,* et une portion nettement granuleuse, plus ou moins développée, généralement excentrique, qui doit à sa colorabilité le nom de *chromomère.*

Sur les préparations fixées, colorées au Giemsa, les plaquettes se montrent également plus ou moins arrondies sous forme de petites masses légèrement basophiles, contenant un certain nombre de granules azurophiles. Les plaquettes sont, le plus souvent, agglutinées par petits groupes.

Certains auteurs (Kopsch, Deetjen, Argutinsky) ont considéré le chromomère comme un véritable noyau. Il est certain qu'il se colore en rouge violet par le Giemsa, comme la chromatine des Protozoaires. Mais bien d'autres formations se colorent de même, les granulations azurophiles des lymphocytes, par exemple. Le chromomère ne se colore pas par le vert de méthyle, que Pappenheim considère comme le meilleur réactif de la chromatine des Métazoaires. Weidenreich a prouvé que l'acide acétique, excellent fixateur nucléaire, dissout la partie

nucléés (Spindelzellen des auteurs allemands) qui, chez les vertébrés ovipares, jouent le même rôle que les plaquettes, sans être pour cela leurs homologues morphologiques.

(1) D'après Aynaud, les plaquettes auraient dans les vaisseaux une forme allongée en bâtonnet, que la méthode de cet auteur permet de conserver quelque temps *in vitro*. La forme ovale ou circulaire serait le résultat d'une altération ; elle aboutit finalement à l'aspect stellaire, par suite de l'émission de prolongements agoniques n'ayant rien de commun avec des pseudopodes.

Pappenheim considère la forme en bâtonnet elle-même comme une altération de la forme ronde naturelle.

granuleuse des plaquettes. Grawitz et Grüneberg ont montré que, contrairement à la chromatine nucléaire, les granulations azurophiles du chromomère se laissent traverser par les rayons ultraviolets. Enfin, l'aspect morphologique du chromomère n'est pas celui d'un noyau : les granules sont indépendants les uns des autres et il n'y a pas trace de membrane nucléaire.

D'autre part, la résistance de ces granules à la chaleur et à l'alcool ne permet pas de les prendre pour des mitochondries (1).

En résumé, il faut considérer les plaquettes, non pas comme des cellules pourvues d'un noyau, mais comme de petites masses de protoplasme faiblement basophile, contenant un certain nombre de granules azurophiles spéciaux groupés en chromomère (2).

(1) Après coloration vitale au vert janus, les plaquettes ne montrent que rarement des granules ou des bâtonnets trapus qu'on puisse considérer comme des mitochondries (E. V. Cowdry).

(2) Nous croyons devoir dire ici un mot de certaines théories aberrantes qui attribuent aux plaquettes une signification entièrement différente de celle qui est généralement admise.

Bien que Bizzozero ait observé des plaquettes dans la circulation, Marino (1912) a essayé de mettre en doute leur préexistence dans le sang des vaisseaux. Les plaquettes seraient pour lui un artefact dû à la fixation. Les critiques de Deetjen n'ont rien laissé subsister des arguments de Marino.

Plus récemment, Pianese (*Per una migliore conoscenza dei megacariociti*, Haem., I, 1920) s'est rallié à la théorie de Woolbridge et Mathews, d'après laquelle les plaquettes sanguines seraient de simples cristaux liquides de Lehmann, constitués par une substance colloïdale existant normalement à l'état de sel dans le plasma sanguin et qui, produite en excès au moment de la coagulation, se précipiterait sous forme de plaquettes. Pour Pianese, les plaquettes n'apparaissent dans la circulation que si, par suite d'altérations vasculaires ou de ralentissement du courant, le sang entre dans un stade prodromal de la coagulation.

A l'opposé de ces théories qui refusent l'existence ou la vitalité aux plaquettes, se place la théorie de Perroncito (*Sulla derivazione delle piastrine*, Haem., II, 1921). Cet auteur croit avoir observé une multiplication des plaquettes in vitro sous l'action de la pyrodine. Il s'appuie sur des numérations faites avant et après l'expérience, ainsi que sur la découverte de prétendues formes de divi-

### B. ORIGINE DES PLAQUETTES

Le problème de l'origine des plaquettes, après avoir suscité les hypothèses les plus contradictoires, n'a reçu qu'assez récemment une solution plausible. Ces corps ont été considérés longtemps comme des dérivés de leucocytes ou d'hématies, et l'on a imaginé les mécanismes les plus divers pour rendre compte de leur production. Mais, à l'heure actuelle, la théorie de Wright, qui les fait dériver des mégacaryocytes, a recueilli presque tous les suffrages ; c'est elle qui s'accorde le mieux avec les faits observés.

1. *Anciennes théories :*

Parmi les anciennes théories, les unes voient l'origine des plaquettes dans les globules rouges ; les autres la cherchent dans les globules blancs ; d'autres, enfin, la placent à la fois dans les globules blancs et les globules rouges.

A priori, cette dernière théorie (Grawitz, etc.) est peu vraisemblable. Comment des éléments à morphologie aussi constante que les plaquettes et à propriétés biologiques aussi spécifiques (1) dériveraient-ils d'éléments aussi hétérogènes que les leucocytes et les hématies ?

Les auteurs pour qui les plaquettes proviendraient des hématies ne s'accordent pas sur le mécanisme de leur production.

D'après la théorie d'Arnold et de Schwalbe, elles seraient des fragments détachés du cytoplasme des érythrocytes. Ces auteurs semblent avoir porté leurs recherches sur des débris d'hématies n'ayant rien de commun avec les véritables plaquettes.

Weidenreich admet qu'elles sont des fragments détachés de la membrane des érythrocytes. Ces fragments, d'abord chargés d'hémoglobine, perdraient secondairement leur pigment, tandis que la portion granuleuse de la plaquette se formerait d'une manière ana-

sion. Les plaquettes seraient de vraies cellules, mais dont le noyau est tout différent de celui des Métazoaires. L'auteur ne nous dit pas d'où viennent les premières plaquettes.

(1) Divers auteurs (Sacerdotti, Chevrel et Roger, Lesourd et Pagniez) ont obtenu des sérums antiplaquettiques, qui déterminent in vitro l'agglutination des plaquettes et les font disparaître de la circulation.

logue à la ponctuation basophile des hématies. On peut répondre avec Pappenheim (1) que le chromomère a des caractères microchimiques distincts de ceux de la ponctuation basophile et qu'on considère en général celle-ci comme un signe de jeunesse pour l'hématie. En outre, les microcytes qui correspondent aux plaquettes colorées de Weidenreich, sont en nombre beaucoup trop petit dans les réactions hématoblastiques pour rendre compte de la formation de toutes les plaquettes. Enfin la théorie de Weidenreich n'explique pas plus que la théorie d'Arnold, l'existence, dans divers cas pathologiques, de plaquettes aussi grandes que les érythrocytes.

D'autres auteurs font dériver les plaquettes d'un corps nucléoïde (cytoplasmique pour Maximov, reste nucléaire pour Pappenheim et d'autres) qui existerait au sein des globules rouges et serait ensuite expulsé. On considère aujourd'hui ces aspects de corps nucléoïdes comme dus à des altérations, quand il ne s'agit pas d'une simple superposition accidentelle d'une plaquette à un globule rouge !

Reste à signaler la théorie de Vassale, longtemps soutenue par Ferrata, qui considère la plaquette comme un globule rouge en voie d'involution. Ferrata a reconnu depuis que les formes décrites par lui dans certains sangs pathologiques et qui établiraient une transition entre les globules rouges et les plaquettes, n'étaient que des hématies à granulations azurophiles.

L'hypothèse d'après laquelle les plaquettes proviendraient de leucocytes a été soutenue notamment par Dominici, qui les considère comme des bourgeons détachés du protoplasme de lymphocytes et d'autres mononucléaires. Downey, qui a retrouvé les phénomènes de bourgeonnement décrits par Dominici, est arrivé à la conclusion que les bourgeons ainsi formés sont entièrement distincts des vraies plaquettes : ils ne contiennent pas en effet de granules azurophiles groupés en chromomère.

Il ne faut pas non plus, comme l'ont fait Decastello et Krjukoff, confondre avec les plaquettes divers débris leucocytaires qu'on trouve dans le sang des leucémiques et qui peuvent contenir des granulations spécifiques ou même des granulations azurophiles (Castronuovo, Franco).

2. *Théorie de Wright :*

On se rend compte aisément de l'insuffisance de toutes les théories que nous avons exposées et de toutes les

(1) Cfr. Ferrata, *Le Emopatie*, I, pp. 278-279.

contradictions qui se dégagent de leur rapprochement. Wright eut le mérite de formuler une hypothèse nouvelle que ses propres recherches et celles d'autres savants après lui paraissent avoir rendue définitive.

Exposée dès 1906, la théorie de Wright passa d'abord inaperçue en Europe ; une nouvelle publication de l'auteur (1910) suscita toutefois une série de travaux de première importance, qui, presque tous, en apportèrent la confirmation. Actuellement, la théorie de Wright s'est imposée en hématologie et ne rencontre plus guère de contradicteurs.

Disons d'abord quelques mots des *mégacaryocytes*. Ces éléments ont été découverts par Bizzozero en 1869 et décrits par lui sous le nom de cellules géantes à noyau bourgeonnant. Ce sont des cellules volumineuses, dont la taille oscille le plus souvent entre 40 et 60 μ, et dont le noyau hypertrophié peut présenter les contours les plus divers (forme massive à bords irrégulièrement ondulants, forme en anneau, formes bourgeonnantes).

Les mégacaryocytes sont des éléments typiques du tissu myéloïde. On les trouve en abondance dans la moelle osseuse de l'homme adulte et en outre, chez l'embryon, dans le foie et la rate. Ils sont exceptionnels dans la pulpe splénique de l'homme adulte, mais se rencontrent en grande abondance dans la rate de nombreux animaux.

Il est classique de distinguer avec Schridde, dans leur protoplasme, une zone interne chargée de fins granules azurophiles et un exoplasme de faible largeur, dépourvu de granules.

L'origine de ces cellules n'est pas encore entièrement élucidée. Ferrata les fait dériver de l'hémocytoblaste du tissu myéloïde, par l'intermédiaire d'un *mégacaryoblaste*, cellule légèrement hypertrophiée, à protoplasme basophile et à noyau massif assez irrégulièrement structuré ; il n'exclut pas la production directe de mégacaryoblastes aux dépens de cellules conjonctivales à caractères embryonnaires ou hémohistioblastes.

En s'hypertrophiant encore, le mégacaryoblaste devient ce que Ferrata appelle un *mégacaryocyte lymphoïde*, possédant un protoplasme basophile encore dépourvu de granulations.

Une dernière étape conduit au *mégacaryocyte granuleux*, dont le protoplasme, moins basophile, est bourré de fins granules azurophiles. Normalement, la plupart des mégacaryocytes de la moelle sont à l'état lymphoïde. Mais seul le mégacaryocyte granuleux est producteur de plaquettes : pour employer l'expression de Ferrata, seul il fonctionne comme « plaquettoblaste ».

Voici quel est pour Wright le processus de la formation des plaquettes.

Wright a constaté dès 1906 que, si la plupart des mégacaryocytes ont une forme arrondie, certains cependant émettent de volumineux pseudopodes qui se dirigent vers les petits vaisseaux. A l'extrémité de ces pseudopodes, les granules azurophiles se groupent en petits amas, qui rappellent le chromomère des plaquettes, tandis que la portion voisine du cytoplasme, faiblement basophile, ressemble à l'hyalomère. Lorsque ces pseudopodes, qui sont étrangement analogues à des chaînes de plaquettes, ont traversé la paroi du vaisseau, l'extrémité s'en détache et tombe dans la lumière vasculaire, où elle se fragmente en plaquettes.

A l'appui de cette observation, Wright cite encore plusieurs arguments.

Le fait que les mégacaryocytes perdent ainsi par plasmatose de volumineux pseudopodes, explique facilement l'existence de noyaux à peu près dénudés.

Il existe en outre, dans diverses conditions pathologiques, un rapport entre le nombre de plaquettes et le nombre de mégacaryocytes. Dans l'anémie pernicieuse et dans la leucémie lymphoïde, on ne trouve que fort peu de plaquettes dans le sang ; en même temps, on note une diminution du nombre de mégacaryocytes dans la moelle

des os. Dans les leucémies myéloïdes, au contraire, le nombre des plaquettes augmente, comme celui des mégacaryocytes.

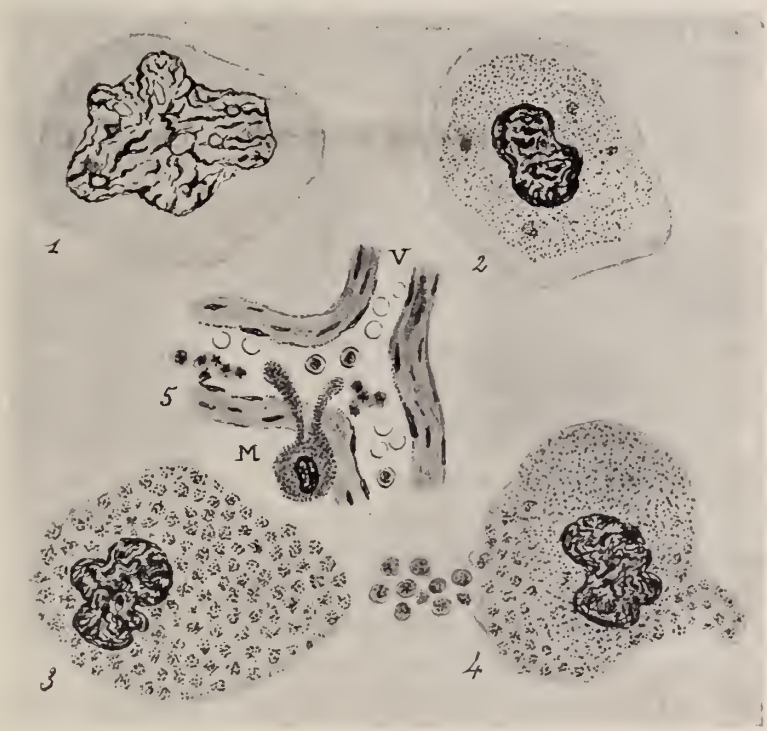



Fig. 4.

1, Mégacaryocyte lymphoïde (Ferrata) : — 2, Mégacaryocyte à granulations azurophiles : on voit débuter en quelques points l'accumulation des granules en chromomère (Foa) ; — 3, Mégacaryocyte granuleux, entièrement découpé en corps plaquettoïdes (Foa) ; — 4, Mégacaryocyte granuleux, montrant en deux points différents une différenciation graduelle en plaquettes (Foa) ; — 5. Mégacaryocyte granuleux de la rate (M) envoyant deux pseudopodes à travers la paroi d'un vaisseau (V), où l'on note des plaquettes, à côté de globules rouges et de globules blancs (C.-Demel).

Les plaquettes véritables ne se rencontreraient enfin que chez les animaux qui possèdent des mégacaryocytes et n'apparaîtraient chez l'embryon qu'après ces éléments.

Les publications de Bunting (1909) et d'Ogata (1912) furent les premières à confirmer la théorie de Wright.

Downey (1913) insista sur le fait que seuls les mégacaryocytes renferment des granules dont les propriétés tinctorielles soient absolument identiques à celles du chromomère.

Les travaux de Cesaris-Demel (1914) apportèrent une importante contribution à l'étude du mécanisme de la formation des plaquettes. Cet auteur observe comme Wright, dans les mégacaryocytes granuleux, le groupement de quelques granules azurophiles en une masse très semblable au chromomère et isolée des autres granules azurophiles par une zone hyaline ressemblant à l'hyalomère. De petits « corps plaquettoïdes » peuvent se former ainsi dans tout le corps cellulaire, mais moins souvent au centre qu'à la périphérie. On peut n'en rencontrer qu'un ou deux par cellule ; mais il y a des cas où tout le territoire cellulaire en est composé, au point de prendre l'aspect d'une mosaïque : c'est le phénomène de *Felderung* des Allemands, le *campeggiamento* des auteurs italiens.

Quand on produit expérimentalement une augmentation du nombre de plaquettes dans le sang à l'aide de la pyrodine (1) ou par des saignées, on constate l'augmentation du nombre des mégacaryocytes, particulièrement de ceux qui renferment de petites masses plaquettiformes ou qui émettent des pseudopodes contenant ces formations.

(1) Foti (1913) avait constaté qu'après injection de pyrodine, on note une forte diminution du nombre des globules rouges, en même temps qu'une forte augmentation du nombre des plaquettes. Le nombre des globules disparus coïncidant sensiblement avec celui des plaquettes apparues, l'auteur en concluait que les plaquettes étaient, comme le soutenait Vassale, une forme d'involution des globules rouges. Cesaris-Demel a étudié les phénomènes qui se produisent alors dans la moelle osseuse : il a observé une augmentation du nombre de mégacaryocytes à « figures de Wright ». La coïncidence notée par Foti avait été purement fortuite !

Pianese, un adversaire de la théorie de Wright, a nié récemment l'existence d'un parallélisme entre le nombre des plaquettes et celui des mégacaryocytes montrant des « figures de Wright ». Il serait, d'après lui, difficile d'évaluer exactement les variations du nombre de mégacaryocytes, étant donnée l'irrégularité de leur répartition dans la moelle. Mais les observations accumulées jusqu'ici, et qui ne portent pas seulement sur les données statistiques, paraissent suffisamment convaincantes pour qu'on puisse négliger l'objection de Pianese.

Dernièrement encore, les expériences de Firket (1) ont bien mis ce parallélisme en évidence. On sait que la saponine exerce sur les plaquettes une action lytique énergique. Aussi une injection de cette substance produit-elle une diminution considérable du nombre de plaquettes. Mais de nombreux mégacaryocytes se forment dans la rate et le retour au chiffre normal de plaquettes est d'autant plus rapide qu'un plus grand nombre de mégacaryocytes sont au stade à granulations azurophiles.

Cesaris-Demel (2) a observé aussi que, dans la rate, les mégacaryocytes pénètrent souvent entiers dans les petites veines : ils restent d'abord adhérents à la paroi et produisent activement des plaquettes. Lorsque le noyau est presque entièrement dénudé, il se détache de la paroi, est entraîné par le torrent circulatoire et finit en général par s'arrêter dans les capillaires du poumon. Exceptionnellement, il peut traverser ceux-ci et échouer dans les artérioles terminales de la grande circulation (dans les glomérules du rein, par exemple). Comme le remarque Cesaris-Demel, l'hypothèse de Wright permet

(1) J. Firket, *Action de la saponine sur les plaquettes et sur leur régénération*, C. R. Soc. Biol., 1921. — Id., *Recherches sur la régénération des plaquettes*, C. R. Soc. Biol., 1922 ; — Id. et E. S. Campos, *Generalized megalocaryocytic reaction to saponin poisoning*, Bull. of the Johns Hopkins hosp., aug. 1922.

(2) A. Cesaris-Demel, *Le piastrine*, Arch. per le Sc. Med., 1919.

d'expliquer les rapports intimes découverts par Verson entre les mégacaryocytes et les vaisseaux veineux de la rate.

Di Guglielmo (1) a constaté que le sang des myéloses chroniques peut contenir des mégacaryocytes montrant à l'évidence les différentes étapes de la formation des plaquettes. Dans ces cellules, on trouve autour du noyau une zone où les granules azurophiles sont uniformément répartis ; à cette zone fait suite vers la périphérie une région où les granules sont groupés en petits amas entourés de protoplasme basophile : sur le pourtour, enfin, se détachent les plaquettes.

Perroncito (2), pour qui la théorie de Wright n'est pas encore démontrée, objecte que les figures invoquées en sa faveur pourraient s'expliquer par des phénomènes d'adhérence de plaquettes à des mégacaryocytes, ou par des phénomènes de phagocytose. On peut lui répondre que si certaines figures publiées par les partisans de la théorie de Wright s'expliquent peut-être par l'adhérence de plaquettes à un mégacaryocyte, cette interprétation ne rend pas compte du passage graduel de la zone uniformément granuleuse à la zone où les granules sont groupés en amas : Di Guglielmo insiste particulièrement sur ce point. Quant à l'hypothèse de la phagocytose, elle n'explique guère les figures où l'on voit tout le protoplasme divisé en masses plaquettiformes. Les plaquettes phagocytées dans les macrophages de la rate plongent d'ailleurs toujours dans une vacuole et manifestent des signes évidents de dégénérescence : deux caractères qu'on ne retrouve pas dans les masses plaquettiformes des mégacaryocytes (Di Guglielmo). On peut encore faire remarquer que la fonction cytophage des mégacaryocytes est loin d'être

(1) G. Di Guglielmo, *Megacariociti e piastrine*. Haem., I, 1920.
(2) A. Perroncito, *Sulla derivazione delle piastrine dei megacariociti*, Haem., I, 1920.

établie ; elle a été niée, tout récemment encore, par Firket (1).

Certains auteurs ont admis une participation d'éléments monocytoïdes à la production des plaquettes.

Cesaris-Demel a décrit la formation dans le protoplasme basophile de certains splénocytes (cellules monocytoïdes de la rate) de petits amas de granules azurophiles.

Ferrata et Negreiros-Rinaldi admettent qu'au moins chez l'embryon, certaines cellules macrophages monocytoïdes, provenant sans doute de l'hémohistioblaste, peuvent se charger de granules azurophiles qui se réuniraient ensuite en chromomère. Di Guglielmo, qui a soutenu quelque temps cette opinion, se demande (1920) si elle est vraiment justifiée. Peut-être y a-t-il ici confusion avec des cellules conjonctivales auxquelles ont adhéré des plaquettes, ou avec des macrophages qui en ont phagocyté. Ce point n'est pas encore éclairci.

PAUL LAMBIN.

*(A suivre.)*

(1) J. Firket, *Recherches sur la différenciation des mégacaryocytes et leurs fonctions.* C. R. Soc. Biol., 1922..

# LA MENTALITÉ DES PRIMITIFS

M. Lévy-Bruhl, membre de l'Institut, professeur à la Sorbonne, a publié en 1910 un ouvrage très documenté sur *Les fonctions mentales dans les sociétés inférieures.* Il essayait de montrer que dans ces sociétés l'esprit n'obéit pas aux lois logiques, pas plus qu'il ne pèche contre elles. Il leur est indifférent. Et pour mieux définir sa pensée, M. Lévy-Bruhl risquait l'expression bien aventureuse de *mentalité prélogique.*

Aujourd'hui, continuant son étude, il nous donne un second ouvrage : *La mentalité primitive* (1). Au fond, c'est toujours la même thèse : celle de l'école sociologique de Durkheim, présentée d'ailleurs avec tout le talent d'un vrai maître et appuyée sur une documentation très abondante. Les expressions se sont un peu adoucies. On parle encore beaucoup de prélogique dans ce second volume, mais, par-ci par-là, on ajoute des adverbes restrictifs ou des formules de doute. L'ensemble ne marque cependant aucun désaveu des conclusions antérieurement admises. Et c'est de cet ensemble que nous voudrions nous occuper aujourd'hui.

La mentalité primitive, nous dit-on, est essentiellement prélogique, irrationnelle, mystique : tous termes considérés comme synonymes (2). Elle est imperméable à l'expérience (3) ; dominée par la *loi de participation*, qui

(1) Paris, Alcan, 537 pages, 1922. Les citations, sans indication de titre, se rapportent à cet ouvrage.

(2) P. 47, 48, 503, 516, 520 et passim.

(3) P. 95.

fait voir partout des communications de propriétés entre les êtres (1), ou plutôt qui les fond tous en une sorte de *continuum*, mêlant le visible et l'invisible, les noms et les choses, les objets et leur ombre, l'original et l'image, le rêve et la réalité (2). Quand on dit que la mentalité primitive *mêle* tout cela, on ne s'exprime même pas très correctement ; il faudrait plutôt laisser entendre que la mentalité primitive ne mêle rien du tout, parce qu'elle n'a pas encore commencé à distinguer les choses (3). L'expérience et la réflexion nous apprennent à découper, dans l'ensemble confus des perceptions et des émotions, certaines zones spéciales plus ou moins strictement limitées et que nous appelons des objets. La connaissance d'un objet, comme tel, ne s'acquiert que lentement. Le primitif n'y réussit pas, il ne s'y essaie même pas (4). Chez lui, l'élément cognitif est presque submergé sous la vague émotionnelle (5). Il ne réfléchit pas (6), il n'infère pas (7). Il n'est pas sensible à la contradiction (8), et, partant, ne s'étonne de rien (9). La causalité lui est étrangère (10) ou du moins elle est « d'un type autre que celui qui nous est familier » (11). Si bien qu'entre le primitif et nous il y a non seulement une différence de degré mais, au point de vue mental, une différence de genre. L'unité de commune mesure fait défaut (12). Nous ne sommes pas des primitifs dont l'esprit se serait développé et enrichi (13).

(1) P. 522.
(2) P. 94 et suiv.
(3) P. 89-90.
(4) P. 88.
(5) *Les fonctions mentales dans les sociétés inférieures.* Ch. I.
(6) P. 1, 9, 11, 12.
(7) P. 48, 127.
(8) P. 72, 85.
(9) P. 45.
(10) P. 45, 88.
(11) P. 85, 516.
(12) P. 15, 519.
(13) P. 15.

Le mode de pensée est radicalement différent dans un civilisé moderne et dans un primitif, et toutes les théories qui reposent sur le « postulat de l'esprit humain partout et toujours semblable à lui-même » (1), toutes ces théories sont impuissantes à nous expliquer le primitif.

Il semble qu'il faudrait conclure que le primitif est simplement inexplicable et qu'il est chimérique d'essayer de se rendre compte de sa mentalité. M. Lévy-Bruhl n'ose pas pousser si loin les conséquences. La mentalité primitive n'est pas une forme rudimentaire de la nôtre, et ce n'est pas en se développant qu'elle finit par nous rejoindre. Elle est d'un autre type, mais, « dans les conditions où elle s'exerce, elle est normale » (2), et donc intelligible. Il suffit de ne pas la transposer sur un autre plan (3) et on arrive, avec beaucoup d'effort, à la comprendre et à l'expliquer par elle-même (4).

Examinons tout ceci d'un peu plus près. J'ai peur qu'il n'y ait dans ces thèses, à côté d'une idée féconde, un certain nombre de confusions fâcheuses et quelques conclusions vraiment trop hâtives.

Et d'abord, on nous parle du *primitif* et de la *mentalité primitive*. M. Lévy-Bruhl n'avait pas voulu employer ces mots en 1910 dans le titre de son premier volume. Aujourd'hui ces termes sont entrés dans le langage courant, mais l'usage ne les a pas rendus plus précis. Il aurait fallu les définir strictement (5). Qu'est-ce qu'un *primitif* ? On est un peu ahuri de trouver, pêle-mêle, dans la documentation du volume les noms des peuplades les plus diverses, et les moins homogènes au point de vue de la culture. Le vocable *primitif* sert d'écriteau complai-

(1) *Les fonct. mentales*. Ch. IX.
(2) P. 16.
(3) P. 503.
(4) P. 47, 48, 89, 517.
(5) P. III. On reconnaît que le terme est impropre. Ce ne serait que demi-mal. Il est ambigu.

sant pour désigner les Bantous, les Abipones, les Andamans, les Khonds, les Boschimans, etc... Tylor a mis ce procédé à la mode dans sa *Primitive Culture* et depuis lors ces « ouvrages de synthèse » se sont multipliés. Il n'est pas défendu de le regretter. Sans doute la masse des documents mis en œuvre est impressionnante et le labeur du savant est admirable, mais avant d'utiliser des documents il faut les classer, et donc les différencier soigneusement. C'est même cette besogne qui est la plus ardue et la plus ingrate. Or, on est forcé de le constater, M. Lévy-Bruhl, qui se sépare de Tylor dans l'interprétation des faits ethnologiques, adopte entièrement sa méthode quand il s'agit de grouper les documents. Il se borne à écarter les « survivances » modernes, sur lesquelles Tylor insiste avec vigueur. On ne voit pas chez lui les Zoulous mêlés aux Goths et aux Aztèques, ni les Serbes ou les Hessois voisinant avec les Dayaks de Bornéo ou les Toupis du Brésil.

L'ethnologie ne pourra progresser que du jour où, résolument, on abandonnera cette méthode des à peu près et cette manie des généralisations prématurées. C'est être dupe des mots que de s'imaginer des *primitifs* en catégorie bien homogène. Qu'arriverait-il si on s'avisait, d'après la même méthode, d'écrire une grammaire de la langue primitive, ou de fondre en un seul vocabulaire les idiomes *inférieurs* ?

A distance, dans le recul du temps ou de l'espace, les sauvages peuvent bien nous apparaître assez semblables les uns aux autres ; mais la moindre observation, dès qu'elle est un peu poussée, nous révèle de profondes divergences. L'homogénéité est peut-être beaucoup plus grande entre tous les civilisés d'aujourd'hui et de tous les temps, qu'entre les peuplades inférieures. Une réduction croissante de toutes les différences s'établit à mesure que les hommes se mêlent ou tout simplement se tassent. Les races paléolithiques sont plus distinctes entre elles

que les races modernes les plus diverses. Ce qui est vrai pour le type anatomique a des chances d'être exact même pour le type mental (1). En tout cas la preuve du contraire doit être faite, et c'est un postulat très arbitraire, doublé peut-être d'une contradiction, que de supposer une sorte d'unité inférieure de l'esprit humain et de nier en même temps son unité de progression. Entre les primitifs et nous, pas de commune mesure, nous dit-on ; mais tous les primitifs sont interchangeables et des Abipones aux Aruntas le type ne varie pas !

Nous parlons des Abipones. Le P. Dobrizhoffer les a étudiés pendant 18 ans et en a laissé, en latin, une notice admirable, qui fait autorité et dont M. Lévy-Bruhl se sert à bon droit (2). Eh bien ! que nous dit Dobrizhoffer ? *Quod de Americae regione altera, certissimum, de altera haud item affirmari potest* (3). La plupart des narrations faites par des Européens au sujet des peuplades du Paraguay pèchent contre ce principe des distinctions nécessaires, et on y trouve mêlées les choses les plus diverses. *Miscent quadrata rotundis.* Pour ces histoires le vieux Dobrizhoffer n'a pas assez de mépris : *risu decumano explodendae.* Et il donne des précisions. Les Abipones sont voisins des Guaranis et n'ont avec ceux-ci presque rien de commun. Au physique, les Guaranis sont chétifs et malingres ; les Abipones sont d'une stature formidable, dignes tous d'être enrôlés dans les grenadiers de l'Empereur *inter austriacos pyrobolarios* (4). Les Guaranis ignorent l'art de monter à cheval ; les Abi-

(1) Quel type de paléolithique obtiendrait donc un anthropologiste qui ramasserait un peu partout des pièces de squelettes quaternaires et *reconstituerait* l'anatomie des primitifs !

(2) Il cite la traduction anglaise. Une confrontation avec l'original latin nous a montré que ce dernier seul était vraiment sûr. *Historia de Abiponibus, equestri bellicosaque Paraquariae natione*, 3 vol. Vienne, 1784.

(3) *Op. cit.*, vol. I. p. 4.

(4) *Ibid.*, vol. II, p. 23.

pones passent la moitié de leur vie en selle. Les coutumes, les mythes, la religion diffèrent entièrement d'une de ces peuplades à l'autre. A quoi peut donc aboutir une enquête qui commence par négliger les diversités essentielles et qui traite comme homogène ce que les meilleurs témoins — les seuls témoins — déclarent incompatible ?

Il y a plus. Parmi les *primitifs*, nous devons faire une place aux dégradés, aux arriérés qui, loin de rester figés dans une forme sociale et mentale du passé, ont développé leur pauvreté même et ne sont plus du tout des types originaux, ni des types proprement archaïques. Le Rev. Taplin, qui a étudié très consciencieusement les indigènes du Sud Australien, les Narrinyeri en particulier, est persuadé que ces tribus sont maintenant très dégénérées. « Leur condition présente ne peut être prise pour une représentation de ce qu'ils étaient dans leur état naturel ; et nous ne pouvons pas espérer découvrir dans les tribus dispersées et désagrégées aujourd'hui les bonnes qualités des sauvages de jadis » (1). Ce n'est pas seulement le contact avec les blancs, qui ruine l'indigène. Même quand il se tient soigneusement à l'écart de l'envahisseur européen, même si jamais il ne l'a vu, ou entendu, la seule arrivée du blanc dans la contrée peut être fatale au développement du « primitif ». Le déboisement préalable à la culture supprima en Australie les opossums, les perroquets, le petit et le gros gibier, les émous et les kangourous. Les tribus indigènes, surtout celles qui fuyaient le contact du blanc, durent donc entrer sur le territoire de leurs voisins, et de véritables guerres d'extermination suivirent ces invasions. Appauvris, affamés, privés de leurs chefs, socialement désorganisés, ravagés en outre par la coutume de l'infanticide, ces Australiens de la fin du XIXe siècle sont des témoins très contestables de la mentalité

(1) Cf. Woods, J. D., *The native tribes of South Australia*. 1879, p. 9. (Étude sur les Narrinyeri par Taplin.)

primitive. Woods nous le répète : « En vérité, ces peuples sont étranges. Sans histoire, ils n'ont point de passé. Sans religion, ils n'ont pas d'espoir; sans habitude de prévoyance et d'économie, ils n'ont aucun avenir. Leur sort est scellé. Ces aborigènes d'Australie sont voués à un rapide anéantissement » (1).

On pourrait multiplier les exemples. Les Maoris de la Nouvelle-Zélande ont servi de « témoins » dans toutes les synthèses sur la culture ou la mentalité des primitifs. Mais Elsdon Best, directeur du Muséum à Wellington, et qui a fait sur les Maoris des études approfondies et des observations prolongées, Elsdon Best découvre que depuis un siècle les croyances de ces peuplades ont évolué, sans intervention de l'Européen, et que les Maoris du XIXe siècle sont passablement différents de leurs ancêtres. Où sont les primitifs primitifs ?

Elsdon Best ajoute tranquillement : « Tout ce qu'on a écrit sur les Maoris est copié et recopié d'un auteur à l'autre. Et nous voyons grandir le nombre des écrivains, ignorant tout des Maoris, leur langage, leur mentalité, leurs coutumes, leur religion, et définissant néanmoins avec une assurance admirable les lois qui gouvernent toutes ces choses. Ce qu'on a publié là-dessus consiste ou bien en théories, ou bien en notices copiées, copiées et sans cesse recopiées. Un travailleur original est ici comme une oasis dans le désert » (2). C'est un peu dur, comme beaucoup de vérités salutaires, et ces propos contiennent une leçon de méthode, qu'il sera bon de retenir.

Si on veut à tout prix conserver le mot de *primitif* et si on est décidé à lui donner un sens précis, il ne suffit pas de parler vaguement des *sociétés inférieures*.

Cette seconde expression demande, elle aussi, à être serrée de près. Les *sociétés inférieures* sont-elles les plus

(1) *Op. cit.*, p. XXXVII.

(2) JOURNAL OF THE ROYAL ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE, t. XLIV (1914), p. 127.

simples ? Tous ceux qui ont examiné, fût-ce sommairement, l'ethnologie savent que rien n'est moins simple que le langage, l'organisation sociale, les rites religieux, les cérémonies collectives des sauvages.

La seule manière de définir le primitif ou la société inférieure est de recourir au critère archéologique et d'examiner l'outillage. Je ne préjuge pas ici la question des cycles culturels, mais si nous voulons nous entendre sur les termes, si nous voulons surtout ne pas grouper des choses hétéroclites derrière des mots nuageux, il n'y a d'autre moyen que de faire abstraction des hypothèses préalables et de regarder ce qui est. Il n'est pas sûr du tout que l'outillage rudimentaire sera toujours associé à une mentalité inférieure ; il n'est pas sûr que l'identité d'outillage permette de conclure à la similitude d'organisation sociale ou de croyances religieuses. Les types les plus reculés peuvent être multiples. Si on commence l'enquête en ramassant un peu partout ce qui paraît, à première vue, se ressembler, on n'aura pas de peine à obtenir un type commun. Malheureusement, le type sera artificiel, imaginaire, sans fondement sérieux dans les choses. Nous craignons que le *primitif* de M Lévy-Bruhl, comme celui de Tylor ou de Frazer, ne soit construit d'après cette méthode défectueuse et ne représente rien d'autre que l'incontestable talent de l'artiste qui l'a créé.

En effet, M. Lévy-Bruhl renonce de propos délibéré « à étudier la mentalité primitive dans ses rapports avec les techniques des sociétés inférieures » (1), c'est-à-dire que, s'embarquant sur l'Océan, il renonce à se munir d'une carte marine et d'une boussole, il renonce à se demander jamais *où il est.*

Les faits ethnologiques sur lesquels M. Lévy-Bruhl fonde ses conclusions n'ont qu'une homogénéité arbitraire:

(1) P. II.

les Bantous et les Fidjiens ne peuvent pas être *supposés* du même type ni appelés tout uniment des primitifs.

Mais en outre, prisonnier de son hypothèse, M. Lévy-Bruhl n'a pas toujours interprété correctement les faits. Persuadé que la mentalité du primitif évolue sur un autre plan que la nôtre, qu'elle est diversement orientée, qu'elle ignore notre raisonnement, qu'elle n'induit rien, qu'elle ne déduit rien, qu'elle est insensible à la contradiction, bref, qu'elle n'est pas *une* avec la nôtre dans l'unité spécifique de l'esprit humain, il a négligé un ensemble de témoignages aussi peu contestables que ceux sur lesquels il se fonde ; il a vu dans les observations des ethnologistes plus que ceux-ci n'y avaient mis — plus, et parfois aussi autre chose (1).

« Le primitif ne s'étonne de rien », il n'a jamais distingué entre cause naturelle et extraordinaire, si bien que l'anormal pour lui n'existe pas...

Au premier abord l'observation paraît exacte. Rivers qui a interrogé les Fidjiens les a vus lui répondre tranquillement, en remontant leur généalogie, que leur huitième ou dixième aïeul était une anguille (2). Tout le totémisme suppose d'ailleurs une croyance analogue, et il est sûr que les métamorphoses les plus invraisemblables paraissent à beaucoup d'indigènes des événements très ordinaires.

Mais il n'y a qu'une chose à conclure de ces observations : c'est que le primitif ne s'étonne pas pour les mêmes motifs que nous, et que l'objet de son émoi n'est pas identique au nôtre. Lorsqu'on construisit, dans la mission des Pères Blancs de l'Ouganda, les premières maisons en briques, on commença par creuser les fondations.

(1) Pour suivre M. Lévy-Bruhl sur son terrain, nous devons bien entendre le mot *primitif* dans la même acception que lui et discuter les mêmes documents.

(2) *Totemism in Polynesia and Melanesia*, dans JOURNAL OF THE R. A. I., t. XXXIX (1909), p. 156 et suiv.

Personne chez nous ne trouve là rien d'extraordinaire ; mais les noirs accoururent de plusieurs lieues à la ronde pour s'extasier devant cette manière de construire non sur le sol mais dans le sol. L'émerveillement des sauvages devant les pacotilles européennes ; leur enthousiasme en présence d'un rasoir ou d'un kaléidoscope ; leur effroi devant un briquet automatique ; leur curiosité insatiable, vraiment, est-ce que tout cela n'est pas manifestation de surprise ? Dire que le primitif ne s'étonne de rien, n'est-ce pas renverser les rôles ? C'est le blanc qui ne s'étonne guère, parce qu'il *sait* davantage et qu'il peut donc mieux prévoir et plus rapidement se rendre compte.

Si le primitif ne s'étonnait de rien, s'il ne distinguait pas entre l'ordinaire et l'anormal, si son esprit demeurait dans le « prélogique », il ne rirait jamais, il ne connaîtrait pas la politesse, il ne s'offenserait pas d'un manque d'égards, il n'aurait pas la notion de la culpabilité, de la faute, du châtiment, il serait même incapable de penser vraiment, et son état perpétuel serait un état de stupeur morne, d'hébétude mentale.

Rien de tout cela ne se rencontre, sauf dans les cas de dégénérescence extrême, individuelle ou collective.

De Kock a visité les Pygmées-Goliath (terme bizarre !) de l'Est de la Mimika, dans la Nouvelle-Guinée hollandaise. Ces tribus ne connaissaient pas l'Européen. De Kock nous dit que les Pygmées du mont Goliath ont l'esprit très éveillé et le caractère très aimable et très facétieux. Ils rient très volontiers (1). Comme les Bantous, d'ailleurs. Comme les Abipones du P. Dobrizhoffer : *amant facetias sermonis* (2). Ces Abipones sont pleins de courtoisie et en signe d'assentiment, lorsqu'ils écoutent un orateur, ils se croient tenus de pousser, après chaque phrase, un petit grognement de sympathie. A

(1) Le travail de de Kock a été résumé et présenté par Van den Broeck. Cf. Zeitschrift für Ethnologie, 1913, p. 23 et suiv.

(2) *Op. cit.*, vol. II, p. 143.

tous ceux qu'ils rencontrent, ils demandent poliment : Où allez-vous ? *Quo vadis ?* sans aucune arrière-pensée magique, mais par intérêt réel ou affection. Cette règle de politesse est absolue, et même quand un Abipone « s'éloigne un instant » de la caravane en marche, tous ceux qui l'aperçoivent de loin, avant ou pendant l'opération, lui crient amicalement : Où vas-tu ? *Quorsum ?* (1). Ces mêmes Abipones gardent tellement bien la faculté de s'étonner qu'ils rient bruyamment — les trouvant hideux — des sourcils européens. Eux-mêmes, désirant ne pas ressembler à des autruches, s'épilent soigneusement les sourcils et les cils. Nous reviendrons sur cette pratique. Pour le moment, il nous suffit de remarquer que la moquerie consciente suppose, comme l'admiration, la faculté de s'étonner.

Le cannibalisme nous inspire, à nous civilisés, une horreur instinctive. Les anthropophages trouvent au contraire que, la viande d'homme étant succulente, il est tout naturel qu'on se nourrisse d'un ennemi tué. C'est ce motif d'ordre culinaire que les Bangala du Haut-Congo ont indéfiniment proposé au Rev. John Weeks (2). Ils y ajoutaient parfois une raison subsidiaire, d'ordre médical. La viande d'homme guérit les ulcères. Quand on l'assaisonne au plantain, elle est délicieuse. Ainsi pensaient ces Bangala. Et leur sérénité d'esprit devant ces repas monstrueux nous paraît une preuve de leur incapacité à s'étonner. Tout sans doute leur est indifférent. Ils ne distinguent pas la nourriture ordinaire et extraordinaire... Mais voici les Abipones, mangeurs de sauterelles. Ils les font cuire et les dévorent avec délices, si ce sont des insectes femelles ; ils les rejettent avec dégoût, si ce sont des mâles. Dobrizhoffer nous assure — et nous le croyons volontiers — qu'il est impossible de percevoir

(1) *Loc. cit.*, p. 144.

(2) *Anthropological notes on the Bangala.* J. R. A. I., XXXIX, p. 457 et suiv.

une différence de goût entre ces sauterelles. Ici, c'est nous qui refusons de nous étonner quand, au lieu de sauterelles femelles, ce sont des mâles qu'on nous présente. Tout à l'heure c'était le primitif qui traitait avec la même indifférence la viande d'homme et celle du mouton. Les objets d'étonnement diffèrent, la faculté de s'étonner est la même.

Tout comme la faculté de percevoir les causes. M. Lévy-Bruhl nous assure que le primitif est presque toujours insensible, imperméable à la causalité. A tout le moins cette causalité est chez lui *orientée* autrement. Nous ne voyons pas bien comment la causalité peut être *orientée* ; l'esprit qui veut se rendre compte de ce qui se passe, cherche la cause. Il peut se tromper dans l'application. Mais ceci n'a rien de commun avec les orientations différentes de la *causalité*. Un policier qui voit dans un assassinat un crime de passion, et son confrère qui y soupçonne plutôt un crime d'intérêt n'évoluent pas sur des plans divers et n'appliquent pas deux sortes de causalité.

Le primitif est très soucieux d'établir des connexions de causes et d'effets. M. Lévy-Bruhl, en exagérant un peu, nous dit même que « rien n'est fortuit » (1) pour lui. Il croit à ces connexions, qui, matériellement, ne coïncident pas toujours avec les nôtres, mais qui, formellement et comme opérations de l'esprit, sont absolument du même type.

Revenons encore à nos Abipones. Le Cacique Malakin avait eu récemment, de sa femme, un enfant. Le P. Dobrizhoffer lui offre une prise de tabac de Séville, dont le cacique s'était toujours montré très avide. Refus. Pourquoi ? demande Dobrizhoffer. — Parce que si je prise, je risque d'éternuer, et si j'éternue, l'enfant s'agitera et aura mal (2). Or, l'enfant est à grande distance, dans la

(1) P. 27 et suiv.
(2) *Op. cit.*, vol. II, p. 231.

hutte du cacique. Pouvons-nous déclarer que ce cacique est imperméable à la notion de causalité ? Mais il vient d'en faire usage. Son refus de priser est un refus *motivé*. Pouvons-nous dire que sa notion de causalité est d'un genre différent de la nôtre ? Point du tout. Le raisonnement du cacique est très correct. La seule différence entre lui et nous, c'est que nous ne croyons pas à un *fait*, auquel, lui, croit fermement. Nous ne pensons plus qu'à distance l'enfant puisse être influencé par l'éternuement du père. La forme de raisonnement est la même.

Un catholique admettra fort bien que les remèdes puissent efficacement guérir un malade. A ces remèdes, il ajoutera les prières. Va-t-on dire, comme M. Lévy-Bruhl le laisse entendre plusieurs fois, que cette seconde opération relève de la mentalité « prélogique », qu'elle est irrationnelle et mystique ? Le croyant est cependant capable d'analyser lui-même son acte et il sait bien que c'est le même principe de causalité qu'il applique à des matières différentes quand il fait venir le médecin pour soigner un de ses proches et quand il s'agenouille pour demander à Dieu la guérison de ce malade. Persuadé qu'il y a d'autres influences que les influences mécaniques et visibles et que le facteur moral n'est pas étranger même au déroulement des événements physiques, il tâche d'établir les connexions de cause à effet dans l'ordre de l'expérience immédiate et dans l'ordre transcendant. On peut contester que cette seconde opération soit efficace; on ne peut nier qu'elle ne procède, aussi logiquement que la première, de l'esprit humain et qu'elle ne soit, intrinsèquement, toute pareille.

Il ne faut d'ailleurs pas exagérer l'importance de cette « causalité mystique » qu'on nous dit presque uniquement à l'œuvre chez les primitifs. Beaucoup de primitifs distinguent très nettement et critiquent très sûrement les « causalités irrationnelles ».

Chez les Zoulous, le sorcier a pour mission de découvrir

les coupables *au flair*. Cette connexion entre l'odorat d'un homme et l'état moral d'un autre nous paraît entièrement fantaisiste. Il n'est pas sûr qu'elle ait apparu autrement à un bon nombre de nos prétendus primitifs. Tchaka, le roi Zoulou, n'y croyait guère : il s'amusait à souiller de sang le seuil de son palais pour jouir de la sottise des sorciers, égarant leur *flair* dans la recherche des criminels. Umziligazi se mettait une pierre dans la bouche pour simuler une fluxion, puis il convoquait les médecins-sorciers, et quand ceux-ci avaient flairé le coupable et réclamaient leur salaire, Umziligazi retirait tranquillement son caillou (1).

Dobrizhoffer nous raconte une histoire très instructive et dont il a été le témoin oculaire. Une femme abipone avait été percée d'un coup de lance, qui lui avait traversé le dos, perforé le poumon et le sein droit, de part en part. On l'avait transportée dans une hutte et on avait convoqué d'urgence le P. Dobrizhoffer et son compagnon ainsi que « l'homme-médecin », le sorcier, que notre auteur appelle *praestigiator medicus*. La femme semblait perdue, baignée dans un flot de sang mêlé de lait. Le *praestigiator*, lui, ne se trouble pas et il ordonne au mari de la blessée d'uriner dans une corne — *quod exsecutus est liberaliter*, nous dit Dobrizhoffer. Puis, séance tenante, il fait avaler tout le contenu de la corne à la moribonde, qui sans broncher obéit à la prescription. Supposons un instant que notre récit n'aille pas plus loin. Il est sûr qu'on le ferait servir d'exemple pour prouver la « causalité mystique » ou magique chez les primitifs. On alignerait un nombre imposant de cas analogues. On généraliserait même la conclusion. La thérapeutique par la salive étant très répandue, on affirmerait que le primitif s'imagine confusément que tous les produits du corps humain sont curatifs

(1) Cf. Garbutt, *Native witchcraft and superstition in South Africa*. J. R. A. I., XXXIX, p. 536.

et que leur efficacité augmente quand ils sont prélevés sur des parents ou des proches. Heureusement le P. Dobrizhoffer, qui ne pose guère au dégoûté, est demeuré dans la hutte abipone. Le *praestigiator*, s'approchant du compagnon du Père, lui demande s'il comprend le *motif* de son étrange ordonnance. Nullement, répond l'Européen. Et notre *primitif* lui explique que le sang de la blessure pourrait en se corrompant infecter le poumon et qu'il faut *donc* provoquer un puissant vomissement. Deux minutes plus tard, le vomissement escompté se produit... et, pour la confusion de nos chirurgiens occidentaux, quinze jours plus tard, la femme, guérie et heureuse, reprenait son train de vie ordinaire (1).

Il ne s'agit pas de savoir si la physiologie de notre sorcier est très correcte, ni si son procédé est très appétissant où très antiseptique. Il suffit de constater qu'*il y a un procédé*, un procédé très conscient et dans lequel la liaison causale joue un rôle essentiel, en tout analogue à celui qu'elle joue chez n'importe lequel de nos chefs de clinique. De mystique, de prélogique, d'irrationnel, on ne trouve vraiment nulle trace, à moins qu'on n'appelle toute erreur ou toute ignorance un vestige de mysticisme. L'Européen qui porte une corde de violon en sautoir, « pour éviter la grippe » ; celui qui place des marrons d'Inde dans ses poches, pour soulager ses rhumatismes ; celui qui évite de s'endormir aux rayons de la lune, pour ne pas prendre la migraine ; tous ceux-là se trompent peut-être en établissant de fausses connexions causales, mais leur raisonnement est absolument et formellement du même ordre que le raisonnement de celui qui achète des Pastilles Géraudel ou qui boit une bouteille d'eau de Vichy.

(1) *Op.cit.*, vol. II, p. 243. Dobrizhoffer raconte d'ailleurs comment lui-même fut guéri d'une blessure sérieuse. Un coup de flèche lui avait traversé le bras et rendu inerte le medius ; on appliqua sur la blessure de la *graisse de coq*, sorte de panacée qui, là-bas et à cette époque, se montrait efficace.

M. Lévy-Bruhl a d'ailleurs senti que sa thèse était bien vulnérable et il a concédé, rapidement et comme une chose qui va de soi, que les primitifs sont très soucieux de causalité très objective dans la confection de leurs outils, dans leurs procédés de pêche ou de chasse, bref, dans tout ce qui concerne leur existence matérielle (1). Mais il ajoute qu'ils ne s'intéressent pas à ces choses, et qu'ils sont exclusivement préoccupés des liaisons mystiques et non des connexions objectives. Il est pourtant très sûr que le sauvage n'est nullement indifférent à ce qui concerne sa subsistance quotidienne, et que sa grande préoccupation est de ne pas mourir de faim ou de froid. Dire qu'il ne raisonne pas sur les propriétés réelles des objets, est rendre inintelligible tout son outillage. D'ailleurs, même cette causalité mystique dont on nous parle obéit aux lois de la plus stricte logique. Taplin cite l'observation de Turner, qui passa dix-neuf ans chez les Polynésiens, et qui nous décrit les agissements des sorciers, faiseurs de pluie, causes de malaises physiques, de morts, de fléaux de tout genre. Tout le monde croit là-bas que ces sorciers peuvent provoquer tous ces malheurs en brûlant le *nahak*. Le nahak est un déchet quelconque, le plus souvent un détritus de nourriture, une pelure de banane, par exemple. Les sorciers sont à la recherche de ces nahak. Dès qu'ils rencontrent sur leur route la pelure de banane, ils l'enroulent dans une feuille, la suspendent à leur cou, et le soir venu, après y avoir ajouté des morceaux d'écorce et lui avoir donné vaguement l'aspect d'une sorte de cigare, ils commencent à brûler le nahak par un bout. Tous ceux qui se sentent malades, fût-ce d'une simple rage de dents, convaincus que c'est le sorcier qui provoque leur indisposition, s'empressent de lancer le signal d'alarme et de demander grâce : ils tirent eux-mêmes ou ils font tirer un coup de fusil. Le

(1) Pages 92, 517 et suiv.

sorcier cesse son opération, et le lendemain la victime vient lui apporter des présents. S'il ne les trouve pas assez généreux, le sorcier recommence à brûler le cigare, et le pauvre malade tire encore un coup de fusil, et la scène se répète, jusqu'à ce que le sorcier estime la rançon suffisante (1).

On se tromperait en parlant ici encore de prélogique, ou de plan mental différent. Les Polynésiens croient que brûler le nahak est périlleux, tout comme nous savons qu'une fuite de gaz dans une chambre close asphyxie les habitants. De ces deux connexions, celle-ci est établie par l'expérience, celle-là manque de fondement réel à nos yeux. Mais le Polynésien qui en admet la réalité *raisonne comme nous*. Et c'est avancer des théories gratuites que de parler d'on ne sait quel manque d'unité spécifique de l'esprit humain. Le Rev. Weeks a observé chez les Bangala les exploits d'une femme-médecin, qui, elle, réussissait un bon nombre de cures. Devenue riche, elle excita les soupçons de ses compatriotes. Comment peut-elle enlever si facilement les maladies, pensèrent-ils, si ce n'est pas elle qui les donne ? Et la femme dut abandonner le métier (2). Ces anthropophages étaient très logiques. On pourrait mettre leurs raisons en latin et rappeler le *Is fecit cui prodest*. La causalité ici encore est du même type que la nôtre.

Les chasseurs de têtes — *head-hunters* — de Céram, la plus grande des Moluques, expliquaient à Tauern *pourquoi* ils assaillaient leurs victimes par derrière (3). Tessmann, qui a si bien étudié les Pangwe, explique la mentalité de ces sauvages par une philosophie très homogène à nos conceptions et parfaitement intelligible (4).

(1) Taplin, *The Folklore, Manners, Customs and Languages of the South Australian Aborigenes*. 1879, pp. 14 et suiv.

(2) *Loc. cit.*, p. 108.

(3) Z. F. E. 1913, p. 169.

(4) Cf. aussi Z. F. E. 1913, p. 557.

Codrington, dont les travaux sur les Mélanésiens sont devenus classiques, a traduit et publié l'autobiographie d'un natif des îles Salomon, le jeune diacre Clément Marau (1). Ce document, à lui seul, même si on le suppose fortement influencé par Codrington, est la preuve que la mentalité *primitive* est beaucoup moins imperméable à la nôtre que le livre de M. Lévy-Bruhl ne le laisse entendre. Ce jeune Mélanésien nous raconte ses raisonnements d'enfant ; on y voit que seuls les objets de ces raisonnements se sont modifiés, l'activité mentale étant toujours restée du même type. Quand il aperçoit pour la première fois le Bishop Patteson, il se demande si un pareil homme peut jamais avoir vraiment faim. « Peut-être qu'il est solide à l'intérieur, pense-t-il, et qu'il n'a pas de creux, comme nous » (2). Quand Marau et ses premiers néophytes de l'île d'Ulawa détruisent un bosquet sacré, le peuple stupéfait s'attend à une catastrophe. Rien ne se produit. Ce sera pour plus tard, disent les natifs. Enfin, les délais prévus étant expirés, les indigènes *concluent :* ces gens ont un *spirit* plus fort que les nôtres et il a expulsé le pouvoir des *spirits* de notre île. Ou bien ils distinguent : les esprits des sanctuaires détruits ne sont pas de la bonne sorte — *of the real sort* — sinon les profanateurs auraient été aussitôt anéantis (3).

Le jeune Clément Marau a parcouru très aisément la distance qui sépare la mentalité de ses congénères, de la nôtre. Jamais il n'a dû changer l'orientation de son esprit. Il lui a suffi d'augmenter et de préciser ses connaissances, en bénéficiant de l'expérience acquise par les blancs. Ce sont les *résultats* qu'il s'approprie ; ce n'est pas le mode d'opération de l'intelligence qu'il trans-

(1) *Story of a Melanesian deacon : Clement Marau, written by himself*, 1894.
(2) *Op. cit.*, p. 29-30.
(3) *Ibid.*, p. 71.

forme. Les Abipones s'arrachent les cils *parce que* c'est plus beau et *pour* mieux voir (1).

Résumons ces observations forcément trop brèves et qu'on pourrait appuyer sur des documents aussi nombreux — et souvent les mêmes — que ceux de M. Lévy-Bruhl.

1. Il n'est pas sûr que la *mentalité primitive* ait jamais existé comme un type homogène, pas plus que le primitif d'ailleurs. Le postulat de l'uniformité initiale des sociétés inférieures est tout gratuit. Il est d'ailleurs peu conciliable avec cette autre affirmation que l'esprit humain n'est pas homogène dans le civilisé et le primitif.

2. Les observations ethnologiques devraient donc d'abord être très soigneusement classées. La synthèse de la mentalité primitive doit être préparée par des monographies abondantes, et il n'est pas permis de ramasser pêle-mêle comme des indices valables les résultats d'enquêtes, poursuivies chez les *sauvages*. On brouille tout en continuant les errements de la méthode de Tylor. Ni l'anatomie, ni la linguistique, ni la technologie ne se soutiendraient si on leur appliquait les mêmes procédés.

3. Les primitifs dont on nous parle ne sont nullement des primitifs ; ce sont des arriérés. Les prendre pour une sorte de type ancestral du civilisé, est croire qu'une eau stagnante ne croupit pas et qu'il existe, à l'état fossile, des hommes vivants.

4. Il est inexact d'affirmer que la mentalité de ces primitifs est essentiellement *prélogique*, et qu'elle va à d'autres objets, *par d'autres chemins* que nos esprits (2). La fonction intellectuelle est formellement identique entre eux et nous. C'est même ce qui nous permet de les

(1) Quand ils n'ont pas réussi à trouver du miel dans la forêt, ils s'excusent en alléguant que leurs cils ont grandi et les empêchent de voir les abeilles. Cf. *Op. cit.*, vol. II, p. 26.

(2) P. 516.

comprendre, et ce qui leur rend possible un progrès vers nous.

Avant de généraliser, analysons et classons. J'ai peur que le *prélogique* ne soit un peu comme l'horreur du vide ou la *vis à tergo* — un de ces mots tyranniques et béants, qu'Auguste Comte pourchassait avec tant de vigueur.

Franz Boas, l'anthropologiste et l'ethnographe bien connu, publiait en 1919 à New-York un livre, dont M. Lévy-Bruhl ne parle pas, et qui porte à peu près le même titre que le sien : *The Mind of Primitive Man*. Nous y lisons cette conclusion, établie non seulement sur des documents littéraires mais sur des observations immédiates : « Les différences entre le civilisé et le primitif sont, la plupart du temps, plus apparentes que réelles. Les conditions sociales singulières, où les primitifs se trouvent, font croire d'abord que leur esprit travaille d'une manière toute différente du nôtre, alors que, en réalité, les traits fondamentaux de cet esprit sont identiquement les mêmes » (1).

C'est tout juste l'opposé de la thèse de M. Lévy-Bruhl. Et cette divergence donne à réfléchir.

PIERRE CHARLES, S. J.

(1) *Op. cit.*, p. 114.

# VARIÉTÉS

## CLAIRAUT ET CARNOT

On a loué plus d'une fois ici même la précieuse collection fondée il y a deux ou trois ans par M. Maurice Solovine : *Les Maîtres de la Pensée scientifique*. M. Solovine a eu la main on ne peut plus heureuse en inaugurant cette série d'ouvrages et de mémoires par le *Traité de la Lumière* de Huygens, suivi bientôt des *Observations et expériences faites sur les Animalcules des infusions* de Spallanzani, puis des *Mémoires sur la Respiration et la Transpiration des animaux* de Lavoisier. Plusieurs se sont étonnés de voir paraître, aussitôt après ces chefs-d'œuvre du physicien hollandais, du naturaliste italien et du chimiste français, les *Éléments de Géométrie* de Clairaut et les *Réflexions sur la Métaphysique du Calcul infinitésimal* de Carnot (1). Certes, ces deux géomètres, l'un du milieu, l'autre de la fin du XVIII^e siècle, sont deux des plus admirables Maîtres de la pensée mathématique, mais la *Géométrie* du premier et même les *Réflexions* du second paraissent

(1) *Éléments de Géométrie*, par Alexis-Claude Clairaut. — Deux vol. in-16 de XIV-95 et 105 pages. Paris, Gauthier-Villars et C^ie, 1920. — Collection « Les Maîtres de la Pensée scientifique ».

*Réflexions sur la Métaphysique du Calcul infinitésimal*, par Lazare Carnot. — Deux vol. in-16 de VIII-117 et 105 pages. Paris, Gauthier-Villars et C^ie, 1921. — Collection « Les Maîtres de la Pensée scientifique ».

les moins excellents de leurs célèbres écrits. Quoi qu'il en soit de la portée de ces deux livres, qui nous occuperont tantôt, nous sommes bien aise de prendre occasion de leur présente réédition pour consacrer quelques pages à ces deux illustres mathématiciens.

Du reste, nous aimons d'unir leurs deux noms dans le titre d'un même article et de rapprocher en une même étude ces deux savants, à la fois si apparentés et, par de singuliers contrastes, si dissemblables. Apparentés, Clairaut et Carnot le sont par les deux qualités qui caractérisent leurs œuvres, la pénétration de la pensée et la solidité de la doctrine, et c'est par ces deux qualités maîtresses qu'ils se montrent les héritiers directs de Newton et de Leibniz. Il est vrai, tous les grands géomètres de cette époque ne furent que des héritiers de ces deux incomparables génies, que ce XVIII^e siècle naissant avait vus descendre dans la tombe, — Leibniz en 1716, Newton en 1723, — ensevelis dans la gloire de leurs immortelles découvertes. Dissemblables, Alexis Clairaut et Lazare Carnot le sont, à tel point que nul spectacle ne nous paraît aussi frappant et aussi instructif que le tableau des contrastes entre ces deux savants, tous les deux cultivant d'ailleurs la même science, la Mathématique, et avec la même passion, et tous les deux traçant dans le champ de cette science, mais en des régions diverses, des sillons profonds et féconds. Clairaut consacrera presque uniquement à un seul objet, la Mécanique newtonienne, tout le labeur de sa carrière et toutes les ressources d'un talent doué d'une pénétration puissante et patiente. Newton venait de léguer à la Science la découverte de la loi de l'attraction universelle : Clairaut prendra pour tâche d'assurer la solidité de la récente découverte, d'en confirmer la formule, si majestueusement simple, puis de construire pierre par pierre sur les fondements établis par Newton les premières assises de la Mécanique céleste. Il ouvrira la lignée des travailleurs qui construiront à travers les siècles l'édifice majestueux, toujours à parfaire : le nom de Clairaut restera inoublié des astronomes théoriciens, même lorsque auront paru les noms de Laplace et de Le Verrier. Non moins grand dans la Science, Carnot ne sera point, lui, l'ouvrier d'une œuvre unique : géomètre profond et ingénieur hors ligne, tantôt il ouvre

dans les domaines des Sciences exactes pures des voies inattendues, que les géomètres du XIXe siècle poursuivront, — par exemple, il plante les premiers jalons d'une Géométrie nouvelle, — tantôt il énonce des théorèmes qui seront à la base de la Mécanique industrielle et que ce même XIXe siècle, le siècle de l'industrie, saura mettre en lumière ; disons déjà que son propre fils aîné, Sadi Carnot, sera l'un des fondateurs de la Thermodynamique. Notons aussi, entre les deux savants, cette autre divergence : Clairaut est avant tout un newtonien, Carnot est davantage leibnitzien et, en certains points de la Philosophie naturelle, abandonne Newton pour revenir à Descartes. — Mais si différentes que soient l'œuvre scientifique de Clairaut et celle de Carnot, si opposées que soient les tendances de ces deux savants esprits, il y eut entre ces deux mathématiciens un contraste bien plus étrange encore, le contraste de leurs deux vies. Nourri des Mathématiques dès l'enfance, membre dès sa jeunesse de l'Académie des Sciences, assuré de bonne heure contre les soucis de la vie matérielle par des largesses du Roi de France, qu'il avait du reste méritées dès ses premiers travaux, Clairaut, à Paris, passe, à peu de journées près, les trente-cinq ans de sa vie d'académicien assis à sa table de travail, en une modeste demeure, voisine de la maison où il est né ; sa plume, qu'il ne tailla jamais que pour les $x$, ne se lassera point de traduire en équations différentielles les problèmes newtoniens, auxquels il fournira des solutions toujours plus approchées ; comme Euler, mais après une carrière, hélas ! bien moins longue, il ne cessera de calculer qu'en cessant de vivre. Tout autre fut la destinée de Carnot. Ce fut au travers de la vie la plus agitée, la plus dramatique et à certains jours la plus tragique et au travers des événements les plus tumultueux de l'histoire de son pays, que Lazare Carnot, le grand Carnot, l'Organisateur de la Victoire, — ces titres, la postérité les a ratifiés, — trouva le moyen de se montrer le géomètre et l'ingénieur de premier ordre, et de composer des ouvrages scientifiques qui, après plus d'un siècle, restent dignes d'être médités. Clairaut et Carnot appartiennent à cette catégorie de savants dont il est toujours utile de se rappeler la vie, fût-elle peu exempte de taches, et de feuilleter les écrits.

Alexis-Claude Clairaut, né à Paris le 13 mai 1713, était fils d'un excellent Maître de Mathématiques, Jean-Baptiste Clairaut, qui fut même Associé de l'Académie des Sciences de Berlin (1). Chargé d'une nombreuse famille, — car Alexis était le second de vingt et un enfants, le premier étant mort en nourrice, — ce Jean-Baptiste Clairaut avait à se préoccuper de l'économie : les vingt fils et la fille, qu'il eut à élever, n'eurent d'autre maître que lui, soit pour les lettres, soit pour les sciences. A plusieurs de ses aînés, il enseigna avec un soin particulier ce qu'il connaissait le mieux, dans le désir qu'un jour les Mathématiques leur ouvrissent, comme elles avaient fait pour lui, une carrière honorable. Alexis apprit les lettres de l'alphabet sur les figures d'une traduction des *Éléments d'Euclide ;* par surcroît, les lignes austères des figures euclidiennes s'incrustèrent dans son imagination naissante. A quatre ans, il savait lire et assez bien écrire. Nourri aux Mathématiques, l'enfant manifesta pour ces sciences un talent d'une précocité merveilleuse et rappelant celle de Blaise Pascal, — mais moins inexplicable, car si la langue mathématique est, selon l'expression de Joseph Bertrand, la plus parfaite et la plus simple que l'on connaisse, Clairaut l'entendit parler autour de lui dès son enfance, tandis que Pascal dut à son propre génie naissant de la découvrir par lui-même et de la parler dès le premier jour avec perfection. — La précocité de ce fils de Jean-Baptiste Clairaut nous est garantie par des témoignages d'une extrême précision et d'une authenticité irrécusable. A neuf ans, Alexis Clairaut a lu l'*Application de l'Algèbre à la Géométrie* de Guisnée ; à dix ans, il lit et comprend les Sections coniques du marquis de l'Hospital et ses *Infiniment petits*, deux des plus savants livres à ce moment. A douze ans et huit mois, il défend devant l'Académie des Sciences de Paris un Mémoire, *Sur quatre nouvelles Courbes géométriques* (2), remarquable surtout par l'âge de l'auteur et que publièrent aussi-

(1) Les amis et contemporains d'Alexis Clairaut écrivaient souvent son nom sous les formes *Clairault* et *Clairaux ;* mais lui-même adopta, pour ses Mémoires à l'Académie et pour signature de ses livres, la forme qui a survécu, *Clairaut*. Au XVIIIe siècle, chacun modifiait fort aisément, à son gré, l'orthographe de son nom.

(2) ACAD. DES SC., *Hist.*, ann. 1726, p. 45.

tôt les *Miscellanea* de Berlin (t. II). Il est vrai, « une fièvre intense et un furieux mal de tête » (nous dirions aujourd'hui une fièvre cérébrale), payement inquiétant de la trop prématurée fécondité de ce cerveau d'enfant, vinrent interrompre ces travaux pendant quelques mois. A seize ans, à l'âge même où Pascal composa son *Traité des Sections coniques*, Clairaut présente à l'Académie son premier ouvrage, *Recherches sur les Courbes à double courbure ;* le rapport des Commissaires est d'août 1729. Imprimé en 1731, ce livre attira l'attention des savants sur le jeune auteur (1), et les Académiciens sollicitèrent du Roi en sa faveur une dispense d'âge qui lui permît de prendre place dans leurs rangs sans attendre les vingt ans accomplis que le règlement exigeait. Le 27 juillet 1731, il devint membre de l'Académie, adjoint à la section de Mécanique : jamais académicien n'avait été élu plus jeune, et jamais académicien ne fut plus assidu aux séances, ni plus actif. En cette même année, son frère puîné, — lui aussi, enfant prodige (2), — publiait, à l'âge de seize ans, un *Traité des Quadratures circulaires et hyperboliques* ; mais moins d'un an plus tard les espérances qu'il donnait, furent brisées par la mort, une atteinte de la petite vérole l'ayant enlevé en quelques jours.

Dans l'intention peut-être de distraire Alexis Clairaut de son deuil fraternel, l'académicien Maupertuis le pria de

(1) Paris, in-4°, 121 pages. C'est un recueil judicieux et utile d'applications aujourd'hui classiques, mais alors neuves, du Calcul différentiel. Voyez Joseph Bertrand, *Clairaut, sa Vie et ses Travaux*, dans le JOURNAL DES SAVANTS, février 1866, reproduit dans les *Éloges académiques* de Bertrand, t. II (1902) : ce même tome contient aussi l'*Éloge de J. Bertrand*, prononcé à l'Académie des Sciences, le 16 décembre 1901, par Darboux ; Bertrand fut, lui aussi, d'une prodigieuse précocité, notamment pour les Mathématiques.

(2) Né en 1716 (entre lui et Alexis se place, semble-t-il, leur sœur, l'unique fille de J.-B. Clairaut), il fit de bonne heure ses délices des *Collections mathématiques* du géomètre grec Pappus. A l'âge de quatorze ans, il lut à l'Académie un Mémoire sur les triangles dont deux côtés ont pour somme de leurs carrés le double, le triple, le quadruple, etc., du carré du troisième côté (ACAD., *Hist.*, année 1730, p. 96); le prénom de ce frère d'Alexis Clairaut n'est pas indiqué, l'Académie n'ayant pas coutume alors de donner les prénoms : elle appelle Alexis simplement Clairaut, quand il sera membre (auparavant, Clairaut fils), et son frère, Clairaut cadet.

l'accompagner en un de ses voyages en Allemagne. Il s'agissait d'un vrai pèlerinage scientifique : le but était d'aller passer quelques jours à Bâle auprès du doyen d'âge des fondateurs du Calcul infinitésimal, Jean Bernoulli (1). De son séjour auprès de l'ancien et illustre ami de Leibniz, Clairaut ne put rapporter qu'un goût plus vif et plus éclairé pour ce haut Calcul, qui allait devenir l'outil continuel de toute sa vie de savant et auquel il devait donner plus tard plus d'un perfectionnement.

De retour à Paris, les deux voyageurs trouvèrent l'Académie agitant plus vivement que jamais un problème, qui préoccupait depuis un demi-siècle les astronomes, les physiciens et les géographes, le problème de la figure exacte de la Terre. La figure de notre globe est si voisine de celle d'une sphère parfaite que, pour s'assurer si elle en diffère, il fallait des observations d'une délicatesse inouïe ou des théories d'une complexité extrême. La question fut soulevée par une observation que fit en 1672 Jean Richer, envoyé en mission à la Guyane par l'Académie pour des observations astronomiques : il constata qu'en cette région, voisine de l'équateur (Cayenne n'est qu'à 5° de latitude nord), le pendule qui bat les secondes, est plus court qu'à Paris de 1 ligne et 1/4 (près de 3 millimètres), soit environ 1/352 de sa longueur (2) ; la pesanteur y est donc moindre qu'à Paris, dans cette même proportion. Newton vit aussitôt la double cause du phénomène observé par Richer. Il l'exposa en 1687 dans une des pages de son livre fameux, les *Principes mathématiques de la Philosophie naturelle* : le raccourcissement du pendule, tel que l'astronome français l'avait mesuré à Cayenne, prouvait à la fois la rotation diurne du globe terrestre et l'aplatissement de ce globe à ses pôles. Certes, le fait de la rotation de la Terre n'avait plus besoin, à cette

(1) Ami de Leibniz et propagateur de ses doctrines mathématiques, qu'il perfectionna singulièrement, Jean Bernoulli (1667-1748) était Associé de l'Académie de Paris ; en 1690, il était venu à Paris et avait initié le marquis de l'Hospital au nouveau Calcul.

(2) La longueur du Pendule à secondes à Paris était évaluée à 3 pieds et 8 lignes 3/5 (ou $99^{cm},4$). Le pied valait 12 pouces, et le pouce, 12 lignes ; le pied correspondait à $32^{cm},48$. La toise valait 6 pieds, ou $1^{m},9490366$.

époque, de preuve nouvelle, mais son aplatissement aux pôles était un fait alors inattendu et, aux yeux de plusieurs, paradoxal (1). Cet aplatissement, déjà soupçonné par Huygens, Newton en faisait une des thèses de sa théorie mathématique de la Terre. Le grand géomètre, exposant sa théorie en cet endroit des *Principia*, considère notre planète comme une masse primitivement fluide, homogène et dont les parties s'attirent en proportion inverse du carré de la distance : Newton observe qu'en vertu de cette égale attraction entre les parties cette masse homogène prendra la forme sphérique, et il suppose ensuite qu'elle prenne un mouvement de rotation et que la figure qui convient dans l'état d'équilibre à une masse sphéroïdale fluide en rotation soit celle d'un ellipsoïde de révolution. Ces conditions posées, Newton calcule la valeur de l'aplatissement qui surviendra : il obtient 1/250, c'est-à-dire que le rayon polaire est égal au rayon équatorial diminué de 1/250 (2). Newton appuyait sa thèse, on le voit, sur diverses hypothèses. La Science n'admet les hypothèses que sous bénéfice d'inventaire, fussent-elles infiniment plausibles et signées des noms les plus illustres. Les hypothèses

(1) La rotation de la terre suffit, en vertu de la force centrifuge, à diminuer la pesanteur, à mesure qu'on s'avance vers l'équateur. Mais la diminution, telle que Richer l'observa, atteignait une valeur qui exigeait qu'au fait de cette rotation s'ajoutât le fait d'un renflement équatorial. — L'astronome Picard, dès 1671, en son livre *La Mesure de la Terre*, avait émis la conjecture que des mesures du pendule à secondes, prises en des lieux de latitudes suffisamment différentes, donneraient des longueurs sensiblement différentes ; il soupçonnait même que la forme sphérique attribuée à la Terre n'était qu'une approximation. Aussi, Richer, en partant pour Cayenne en 1672, avait inscrit, par ordre de l'Académie, dans le programme des observations à effectuer, l'observation du pendule.

(2) *Principia mathematica Philosophiae naturalis*, 1687 (présenté à la Société Royale le 28 avril 1686), *lib. III, de Mundi systemate*, prop. 18, 19, 20. — Les valeurs actuellement admises comme les plus voisines de la réalité (ANNUAIRE DU BUR. DES LONGIT., 1923), attribuent au rayon polaire 6 357 kil. et au rayon équatorial 6 378,4 kil. et, par suite, à l'aplatissement polaire 1/297 ; la différence entre les deux rayons est de 21 kil. environ. — Huygens, peu après l'apparition des *Principia* de Newton, essaya aussi d'établir une thèse mathématique de l'aplatissement, en partant d'hypothèses différentes de celles de Newton, et obtint 1/578 (*Disc. sur les causes de la Pesanteur*, inséré dans le t. I des MÉM. DE L'ACAD., 1693).

jouent dans le progrès des sciences le rôle que jouent dans nos voyages les arcades hardies des ponts que construisent d'habiles ingénieurs : ces arcades nous permettent de passer par-dessus les ravins sans devoir y descendre et en remonter, et de franchir les précipices sans nul souci de leur profondeur ; mais ces arcades, le voyageur ne les croit fermes et durables que s'il sait qu'on a éprouvé la résistance de tous leurs matériaux et garanti le solide agencement de toutes leurs pièces. Ainsi, toute science humaine, fût-on un Newton, est sillonnée de hiatus inquiétants et de mystères insondés : les hypothèses alors prêtent un secours légitime et nécessaire, mais encore faut-il les construire d'une main prudente et leur ménager des vérifications (1).

Le problème de l'aplatissement polaire du globe terrestre pouvait être abordé par deux voies indépendantes l'une de l'autre, par la Mécanique et par la Géodésie. Newton l'avait excellemment résolu par la Mécanique, mais en s'appuyant sur les hypothèses que nous avons dites. Le seul moyen de rendre indiscutable cette solution était de la vérifier par la Géodésie, par des mesures d'arcs de méridiens et d'arcs de parallèles prises en des lieux de latitudes diverses. L'Académie fit multiplier les travaux de Géodésie en diverses régions de la France, mais les résultats furent des plus étranges et même contradictoires entre eux, les instruments de cette époque n'ayant point une précision suffisante pour

(1) Plusieurs de ces hypothèses n'étaient posées par Newton que pour rendre possible une première approximation dans les calculs. Par exemple, l'homogénéité de la masse terrestre est contraire aux observations : les couches terrestres internes, et surtout les couches centrales, sont plus denses que les couches superficielles. Aujourd'hui, la valeur la plus satisfaisante de la densité moyenne des couches superficielles paraît être entre 2,5 et 3,0, et la densité moyenne du globe entier paraît être 5,5. (Voyez dans la présente REVUE, janvier 1921, pp. 104-105, article du professeur Alliaume sur la *Rigidité de la Terre*.) — Au temps de Newton, le Calcul infinitésimal, qu'il venait de fonder, eût été impuissant, même entre ses mains, à résoudre le problème mathématique de la figure de la Terre dans l'hypothèse d'une masse composée de couches hétérogènes : il faudra, pour traiter ce cas, attendre que ce Calcul ait pris de considérables développements, et alors ce sera à Clairaut à poursuivre l'œuvre commencée par Newton.

relever les différences entre des degrés mesurés sur des arcs aussi peu distants. En 1733, la dispute battait son plein. Les savants se partageaient en deux camps. Les uns tenaient pour une Terre aplatie : on les appelait les Newtoniens ; les autres affirmaient que la Terre était allongée vers ses pôles: ils s'intitulaient Cartésiens, et invoquaient les deux Cassini, père et fils, et même Jean Bernoulli, — qui aimait à contredire Newton, le rival de Leibniz, et faisait valoir cet allongement pour rendre quelque crédit aux « tourbillons » de Descartes (1). — Alexis Clairaut entra en lice : Newton compta un défenseur en plus, et un défenseur qui bientôt allait lui assurer le triomphe final.

A ce moment, l'Académie des Sciences, acceptant les idées de deux de ses membres les plus en vue, La Condamine et Maupertuis, décida pour trancher la question de solliciter du Roi l'ordre que deux Commissions de savants partissent en mission géodésique : l'une se rendrait au Pérou et fonctionnerait à l'Équateur même ; l'autre irait en Laponie et opérerait dans la zone glaciale. Les degrés du méridien augmentent-ils ou diminuent-ils, de l'équateur aux pôles? Toute la question était là (2). En comparant entre eux ou avec le

(1) Clairaut, dans la belle Introduction de sa *Théorie de la Figure de la Terre* (1743), donne l'historique de cette dispute entre Cartésiens et Newtoniens, et l'exposé des divers arguments invoqués en cette question par les partisans des Tourbillons cartésiens et par les partisans de la Gravité newtonienne.

(2) Un arc de méridien est dit de 1 degré, quand les verticales élevées aux extrémités de cet arc font entre elles un angle de 1 degré. Une *verticale* en un point de la surface du sphéroïde terrestre est la direction du fil à plomb en ce point, direction perpendiculaire au niveau des eaux et au plan tangent au sphéroïde en ce point. — Les personnes peu versées dans la géométrie de l'ellipse, se persuadent aisément (par exemple, Bernardin de Saint-Pierre, en une page étrangement prétentieuse de ses *Études de la Nature*) que, sur une Terre aplatie aux pôles et renflée à l'équateur, un arc de 1 degré dans les régions polaires est plus court qu'un arc de 1 degré dans les régions équatoriales : elles s'imaginent que ces verticales se rencontrent toutes au centre de la Terre, et oublient que l'attraction du bourrelet équatorial, formé par le renflement, fait dévier vers lui les fils à plomb. Sur une Terre sphérique, les verticales coïncident toutes avec les rayons du globe. Sur une Terre aplatie aux pôles et renflée à l'équateur, les méridiens se déforment et deviennent des

degré de France les degrés mesurés à ces distances extrêmes, et mesurés avec la dernière précision, on ne pourrait manquer de clore le débat. Les académiciens La Condamine, Bouguer et Godin acceptèrent la mission du Pérou. Ils quittèrent la France en mai 1735. Arrivés à l'équateur, ils mesurèrent à partir de Quito, un arc de méridien de plus de 3 degrés d'amplitude ; leurs travaux de haute Géodésie et ensuite leurs nombreuses recherches scientifiques furent traversés d'obstacles et se prolongèrent plusieurs années ; certains de leurs aides moururent à la tâche.

La mission de Laponie avait été confiée à Maupertuis. Clairaut avait vingt-trois ans : il consentit, ainsi que trois autres académiciens, à accompagner son ami et, malgré la supériorité de son propre génie (la remarque est de Joseph Bertrand), il l'accepta pour son chef. Maupertuis était, du reste, le plus ancien des cinq jeunes savants qui formèrent l'expédition, et en dépit de son incorrigible présomption et de son enfantine vanité, il savait être agréable ; entreprenant et actif, ancien capitaine aux dragons, sa science incomplète et superficielle ne l'empêcha point d'être un chef excellent. Assez sage pour se faire guider et aider par Clairaut dans la préparation théorique et pratique de la difficile entreprise, il s'enferma avec lui pendant plusieurs mois, loin de l'agitation de Paris, dans une tranquille demeure du Mont-Valérien : les seuls visiteurs admis étaient leurs trois prochains compagnons de voyage. Il fallait méditer le plan des observations à faire, vérifier ou faire construire des instruments de Géodésie ou d'Astronomie d'une précision extrême, s'exercer au maniement de chacun de ces délicats outils, l'opérateur devant se faire pour chaque outil tout une éducation. Notons ici un détail, sur lequel, hélas ! il nous

ellipses : les verticales en des points d'un même hémisphère (autres que le pôle et autres que des points de l'équateur), c'est-à-dire les perpendiculaires aux plans tangents, se redressent, comme si leur zénith se rapprochait du pôle, et ne se rencontrent plus au centre de la Terre, mais au-delà du plan équatorial ; par suite, l'angle formé par deux verticales inclinées entre elles d'un angle de 1 degré a son sommet d'autant plus éloigné de l'arc qu'il embrasse, que cet arc est plus voisin du pôle : cet arc de 1 degré *croît* donc, s'il se rapproche du pôle.

faudra revenir. La retraite si sage du Mont-Valérien fut plus d'une fois troublée par une visiteuse bien peu austère, qui viola toute consigne. On sait, en effet, que, les cendres de Molière étant refroidies depuis nombre d'années, la race des Femmes savantes avait repris vie. Or, une femme savante, — il s'agit de la marquise du Châtelet, la belle et peu sévère amie de Voltaire, — s'était émue de la célébrité naissante d'Alexis Clairaut et, éprise de Géométrie, s'était piquée de recevoir de ce jeune Maître des leçons de cette science. On la vit donc, nous ignorons combien de fois, franchir à cheval la distance de Paris au Mont-Valérien et aller demander à Clairaut des leçons de Géométrie, dont nous aurons à reparler (1).

Le 2 mai 1736, les académiciens Maupertuis, Clairaut, Camus, Le Monnier et Outhier s'embarquèrent à Dunkerque, sur un petit vaisseau frêté pour eux, *Le Prudent*. A la fin du mois, ils arrivaient à Stockholm : le roi de Suède les combla de faveurs; approuva qu'André Celsius, le célèbre astronome suédois d'Upsal, les accompagnât (2); fit prendre

(1) Le fait de ces visites est admis par Grandjean de Fouchy, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, et raconté par lui dans l'*Éloge de Clairaut* (voyez ACAD. DES SC., *Hist.*, 1765). Ami d'enfance de Clairaut, Fouchy avait fait partie en sa jeunesse, avec Clairaut, La Condamine, Nollet et d'autres futurs académiciens, d'une Société d'Arts qui se fonda à Paris vers 1716 et dura peu. — Mme du Châtelet, durant l'hiver et le printemps de 1736, résida continuellement à Cirey, en Lorraine ; mais il n'était point rare de voir arriver à Paris sur son cheval préféré, l'Hirondelle, cette amazone accomplie. Maupertuis fut plus encore et plus tôt que Clairaut le « maître de Géométrie » de l'étrange amie de Voltaire ; cf. *Correspondance générale de Voltaire*, lettre à Maupertuis, 29 avril 1734 : avant cette date, la marquise avait déjà appris l'anglais et la Géométrie. Maupertuis, Clairaut, les frères Daniel et Jean Bernoulli, fils de Jean Bernoulli et neveux de Jacques, furent souvent les hôtes de Voltaire et de son étrange et savante amie, à Cirey.

(2) Ce savant professeur d'Upsal, qui séjournait depuis quelque temps à Paris, avait quitté Paris peu avant Maupertuis et Clairaut, et était allé à Londres se procurer certains instruments, entre autres un excellent petit quart-de-cercle, et s'entendre avec le physicien Graham pour la construction d'un superbe secteur à grand rayon, qui fut construit sous les yeux de Graham : une lunette de cuivre de 9 pieds de longueur en formait le rayon et était munie d'un

des mesures pour que tous les secours utiles leur fussent assurés, et régla qu'en Laponie on mettrait à leur disposition une troupe de soldats finnois, aptes aux incroyables labeurs qui là-bas attendaient l'expédition. Au solstice d'été, les savants atteignirent Tornea, située à l'extrémité septentrionale du golfe de Bothnie, sous le 66e parallèle, à quinze lieues françaises du Cercle polaire : le soir de leur arrivée, ils virent le soleil rester visible à minuit au-dessus de l'horizon et traverser le méridien du côté nord ; du reste, depuis plusieurs semaines ils n'avaient plus de nuits : dès le 20 mai, à leur passage à Stockholm, ils avaient pu « lire à minuit dans des livres à fort petits caractères » (1). Les soixante maisons de Tornea, la minuscule ville suédoise, occupaient le milieu d'une île (qui en été devient une presqu'île) à l'embouchure du Tornea-Elf : le fleuve, dégelé, charriait encore ses glaçons ; il descend du nord au sud et dans la partie inférieure de son cours suit assez bien le méridien. On décida de mesurer à partir de Tornea un arc de méridien d'une amplitude de près d'un degré et qui s'éloignât peu du fleuve. Les points extrêmes étaient la flèche de l'église de Tornea (65° 50′ 50″) et la cime du mont Kettis (66° 48′ 20″), situé sur la rive gauche du fleuve. Au prix de plusieurs mois de fatigues, de souffrances et même de périls, on couvrit d'un immense réseau de triangles géodésiques la région qui englobait cet arc : il fallut se frayer à la hache un chemin dans des forêts impénétrables, escalader des montagnes escarpées et glissantes, hisser jusqu'à leurs cimes les matériaux des signaux qu'on devait y construire et qui devaient être visibles à dix ou douze lieues de distance. L'hiver arriva. Le 21 décembre, on commença à mesurer directement « à la perche », avec un luxe presque inouï de savantes précautions, la base de la triangulation, c'est-à-dire une ligne rigoureusement droite, qui dépassait trois lieues et demie françaises. On eut la bonne fortune d'établir cette base sur une surface merveilleusement

limbe de 5 degrés et demi. Celsius avait rejoint les savants français à Dunkerque. Au cours même de l'expédition, Celsius apprit que le Roi de France lui faisait attribuer une rente de douze cents livres : le Roi de Suède fut sensible à cette gracieuseté faite au savant suédois.

(1) Outhier, *Journal d'un Voyage dans le Nord, en* 1736 *et* 1737.

unie, la surface même du large fleuve, qui était profondément gelé : le fleuve, vers le mi-chemin entre Tornea et Kittis, suivait quelque temps une ligne droite, bien orientée selon le méridien. Ce mesurage se fit par un de ces froids d'hiver comme la Laponie en connaît, « froid si grand, que la langue et les lèvres se geloient sur le champ contre la tasse, lorsqu'on vouloit boire de l'eau de vie, qui était la seule liqueur qu'on pût tenir assés liquide pour la boire, et ne se détachoient que sanglantes, et le froid gela les doigts de quelques-uns » (1). On était en la longue nuit polaire, que le soleil à l'horizon interrompt quelques moments chaque jour à midi ; mais les longs crépuscules quotidiens, la blancheur de la neige et les continuelles et splendides aurores boréales donnaient assez de lumière pour qu'on pût travailler quatre à cinq heures par jour. En sept jours, la base fut mesurée : deux « troupes différentes » de travailleurs, opérant séparément, trouvèrent le même résultat à 4 pouces près, savoir 7406 toises 5 pieds 2 pouces (près de 14 kilom. 1/2). Le froid devint ensuite effroyable. Il fallut se calfeutrer dans Tornea. En mars, on put reprendre les besognes : on vérifia diverses mesures ; on s'assura de la précision des instruments ; on releva astronomiquement les positions des points extrêmes du réseau, Tornea et Kittis, et de certains autres points (2) ; on observa au delà du Cercle polaire, à Pello (66° 48′ de latitude), village finnois voisin du mont Kittis, le pendule à secondes, qui battit par jour sidéral 59,1 secondes de plus qu'à Paris (3), En mai, l'œuvre que les académiciens étaient venus accomplir, était achevée, et la possibilité du retour s'annonçait

(1) Maupertuis, *La Figure de la Terre* (ouvrage indiqué plus loin), p. 52.

(2) La triangulation avait donné pour la distance de Tornea à Kittis, réduite au méridien, 55 023 1/2 toises, et les observations astronomiques fournirent pour différence entre les latitudes de ces deux stations 57′ 28″ 2/3. On en déduisait, pour l'arc de 1 degré, une longueur de 57 438 toises. Maupertuis, *ouvr. cité*, p. 125.

(3) De cette accélération, il résultait, en vertu de la relation $gt^2 = \pi^2 l$, que le pendule à secondes, qui à Paris avait une longueur de 440,57 lignes (d'après de Mairan, ACAD. DES SC., *Hist.*, 1735), réclamait, transporté au Cercle polaire, un allongement de 0,6 ligne (ou 1,4 millimètre). Maupertuis, *ouvr. cité.*, pp. 172-180. Ce phénomène confirmait l'aplatissement polaire du globe.

prochaine : de la pluie survenait, un peu de neige fondait chaque midi, le fleuve donnait malgré les rudes froids de chaque nuit des indices de dégel, les oiseaux du pays reparaissaient, revenant du sud. Le 9 juin, les six savants, entre qui douze mois de travaux communs et de communes souffrances avaient cimenté une amitié inaltérable, purent quitter Tornea et dire à la zone glacée un adieu éternel.

Le retour se fit par Hambourg, Leyde, Anvers et Bruxelles. Le 20 août, les cinq astronomes français rentraient à Paris ; le lendemain, le Cardinal-Ministre Fleury les présentait au Roi, à Versailles ; le mercredi suivant, ils reprenaient séance à l'Académie des Sciences et leur chef, Maupertuis, « rendait compte à l'Académie de leurs opérations trigonométriques ».

Le résultat de l'expédition du Nord, garanti par le nom de Maupertuis et plus encore par le nom de Clairaut, était net : le degré du méridien, mesuré à la hauteur du cercle polaire, était de 57438 toises soit 378 toises de plus que le degré de France (57060), tel que Picard en 1669 l'avait mesuré sur l'ordre de Louis XIV entre Paris et Amiens. L'aplatissement de la Terre aux pôles était définitivement contrôlé (1). — Le 27 novembre de cette année 1737, dans une solennelle assemblée publique de l'Académie des Sciences de Paris, Maupertuis rendit compte de l'expédition et en exposa les résultats, en un « Discours sur la mesure du degré du méridien au Cercle polaire ». Il y eut grand concours de monde, disent les journaux du temps (2), chacun se faisant fête d'entendre le détail de ce voyage en Laponie et l'exposé des observations « faites par ordre de la Cour ». Maupertuis devint, du coup, pour un temps, le savant de France le plus

(1) Maupertuis, *ouvr. cité*, pp. 70-71 et 125-126. — Les résultats des opérations exécutées à l'équateur ne furent connus que plus tard. Les trois académiciens envoyés au Pérou y avaient éprouvé d'immenses difficultés, nous l'avons dit, et leurs opérations ne furent terminées qu'en 1741 : elles donnèrent, pour le « premier degré de l'équateur », réduit au niveau de la mer, 56750 toises (La Condamine), soit 310 toises de *moins* que le degré de France de Picard ; elles confirmèrent donc le fait du renflement équatorial de la Terre.

(2) La Clef du Cabinet des Princes de l'Europe, janvier 1738, p. 24.

illustre ; par surcroît, son Discours lui vaudra de prendre rang bientôt parmi les Quarante. Il reçut du Roi une pension de douze cents livres (1). Voltaire, l'arbitre de toutes les gloires et alors ami de Maupertuis, — plus tard, il sera son plus impitoyable et injuste ennemi (2), — ajouta en son honneur quelques vers ampoulés aux vers dont il avait salué, un an plus tôt, les argonautes nouveaux, qui

(1) La Clef du Cab., février 1738, p. 118 : « Messieurs de l'Acad. des Sciences qui ont fait les opérations astronomiques dans le Nord, ont obtenu des pensions du Roi. M. de Maupertuis, entr'autres, en a obtenu une de 1200 livres.» — Il est peu exact de dire que Maupertuis, qui attira à lui-même comme chose due la gloire du succès, laissa à ses compagnons tout le profit matériel. Maupertuis refusa cette pension de 1200 livres, ou plutôt la fit répartir entre ses compagnons de mission : il était blessé de ne point recevoir une récompense supérieure à celle de ses « adjoints », lui, le chef de l'expédition. Trois ans plus tard, le ministre de Maurepas lui obtint de Louis XV une nouvelle pension de 3000 livres, peu avant que le roi de Prusse l'appelât à Berlin pour y présider l'Académie des Sciences. Voyez *Correspondance* citée, lettres de Voltaire à Maupertuis, 1 et 21 juillet 1740.

(2) Voltaire félicita Maupertuis, par un dithyrambe en prose et en vers, de son livre sur *La Mesure de la Terre* (lettre du 22 mai 1738) et pendant plusieurs années prodigua ce style en toutes ses lettres à son ami. En novembre 1750, il s'aigrit à son égard et bientôt lui en voulut à mort : il ne savait pardonner à Maupertuis de jouir, plus heureux en cela que lui, de la très ouverte et constante faveur du roi de Prusse. Frédéric II aimait le caractère loyal et conciliant de Maupertuis, et ne regrettait point de l'avoir appelé en 1740 à Berlin, ni de l'avoir fait réorganiser en 1745 son Académie des Sciences en cette ville. Maupertuis, en conversation, n'était point toujours inférieur en esprit à Voltaire ; mais dans les combats de la plume, ils ne luttaient plus à armes égales. Redoutable écrivain, Voltaire eut beau jeu d'écraser de pamphlets cruels et injustes son ancien ami, et surtout de déchirer sa réputation de savant par la *Diatribe du Docteur Akakia* (1752) : elle fut lue en toute l'Europe, mais brûlée à Berlin de la main du bourreau sur la Place d'Armes, par ordre du roi de Prusse. Malade, Maupertuis revint en France en 1750 ; deux ans après, il se réfugia à Bâle, chez Jean Bernoulli fils; il mourut le 27 juillet 1759, en cette maison amie, tué par les méchancetés de Voltaire. Celui-ci ne lui pardonna point non plus de s'être montré très religieux durant ses dernièrnes années de vie, et « d'être mort entre deux capucins ». (*Correspondance* citée, letrte à Clairaut, 19 août 1759). Maupertuis était né à Saint-Malo, en 1698.

par amour pour la Science allaient « geler auprès du Pôle, aplati par Newton ».

L'année suivante, Maupertuis publia son « Discours » en tête de son livre *La Figure de la Terre, déterminée par les Observations faites par ordre du Roy au Cercle Polaire* (1). Les quatre-vingts pages de cette introduction historique ont tout l'attrait d'un bon roman scientifique, et certains endroits nous rappellent, mais sans les égaler, les plus belles pages de ce *Capitaine Hatteras* de Jules Verne, qui a fait le charme et le frisson de tant de jeunes lecteurs. L'apparition du livre acheva de faire de M. de Maupertuis l'académicien le plus à la mode (2). Au surplus, la partie scientifique du volume est aussi bien l'œuvre des compagnons de Maupertuis que la sienne propre.

Si intéressant et si instructif que soit le livre du chef de la mission de Laponie, nous trouvons infiniment plus attachant et d'une valeur scientifique au moins égale le *Journal d'un Voyage au Nord, en 1736 et 1737*, que composa au jour le jour et que publia en 1744 le plus modeste des six astronomes de l'expédition, mais non le moins rompu aux observations et aux calculs, ni le moins vaillant, l'Abbé Outhier (3). Ce Journal, d'une simplicité de bon aloi et rempli

(1) *La Figure de la Terre, déterminée par les Observations de* MM. DE MAUPERTUIS, CLAIRAUT, CAMUS, LE MONNIER, *de l'Académie Royale des Sciences, et de M. l'Abbé* OUTHIER, *Correspondant de la même Académie, Accompagnés de* M. CELSIUS, *Prof. d'Astronomie, à Upsal, Faites par ordre du Roy au Cercle Polaire. Par* M. DE MAUPERTUIS. A Paris, de l'Imprimerie Royale. 1738. (In-8°, XXVIII-184 pages, neuf planches.)

(2) D'une imagination bouillante, Maupertuis se fit peindre affublé d'un bonnet d'ours et enveloppé d'une peau de renne. On lui a reproché d'avoir ramené de ce lointain voyage deux Laponnes, qui, converties au catholicisme, se seraient fixées en France ; voyez une lettre de Voltaire à Maupertuis, du 20 décembre 1738, et du même Voltaire le *Discours en vers sur l'Homme*, V, note 6. Les singularités de Maupertuis amusèrent ses contemporains, et surtout excitèrent la verve, d'abord amicale, plus tard fort méchante, de Voltaire.

(3) *Journal d'un Voyage au Nord, en 1736 et 1737*, par M. OUTHIER, Prêtre du Diocèse de Besançon, Correspondant de l'Académie Royale des Sciences, Paris, 1744 (VIII-238 pages in-4°). L'ou-

de détails sur les mœurs et sur les usages religieux des Lapons, rend compte, j'allais dire heure par heure, des travaux de chacun. Au sujet de Clairaut, nous y constatons que, si sa parfaite connaissance de la théorie le plaçait à la tête de tous, ce théoricien savait prendre une part au moins égale à celle de tout autre dans le travail commun et mettait aussi souvent qu'eux, quoi qu'on ait dit, la main à la toise et l'œil au quart-de-cercle ou à la lunette astronomique. Ajoutons que Maupertuis, si dénigré par beaucoup de ses contemporains, nous apparaît, dans les pages de ce Journal, le chef toujours serein et de sang-froid, d'esprit toujours gai et d'humeur charmante, qui soutint ses compagnons aux heures redoutables comme aux jours pénibles, prenant lui aussi dans les observations géodésiques et astronomiques une part égale à celle de ses adjoints, mais se réservant la part la plus grande dans les labeurs les plus durs ou dangereux : ces choses, Maupertuis n'aima pas de les dire en son Discours.

Peu ami du bruit et de l'agitation, aimant la Science pour la Science, Alexis Clairaut laissa Maupertuis jouir des applaudissements et de la gloire commune, et reprit ses études mathématiques. Le voyage au Cercle polaire n'avait été en sa vie de savant qu'une parenthèse accidentelle, acceptée d'ailleurs pour le service de la Science. Désormais et jusqu'au terme de sa carrière, il travaillera silencieux, en sa demeure solitaire, ne déposant la plume que pour aller à quelques pas de là, au Louvre, prendre part, et part active, aux séances de l'Académie des Sciences, qui se tenaient le mercredi et le samedi de chaque semaine. Deux pensions, de

vrage contient 23 cartes, vues et figures, dessinées par lui ou par Herbelot, qui fut le dessinateur attaché à l'expédition. Une seconde édition, identique, sauf le format, fut publiée à Amsterdam, chez Lohner, in-12, VI-370 pages, en 1748. — Dès son retour de Laponie, le savant prêtre retourna à Bayeux, où l'évêque, Albert de Luynes, son protecteur, le fit chanoine de sa cathédrale. Doté par le Roi d'une pension de douze cents livres, membre de l'Académie de Berlin, Outhier poursuivit à Bayeux sa carrière, dans une vie partagée entre l'étude et les œuvres de piété et de charité ; il mourut le 12 avril 1774. Les Mém. des Savants étrangers de l'Acad. des Sc. de Paris, contiennent des travaux de lui dans les tomes II à IV (1755 à 1774).

douze cents livres chacune, dues l'une à la faveur de Louis XV, l'autre au titre de membre pensionnaire de l'Académie des Sciences (en mai 1738, de membre associé, Clairaut était devenu membre pensionnaire), lui permirent de se livrer en entier à ses études profondes sans l'inquiétude du lendemain (1).

Dans le vaste champ des Sciences mathématiques, deux régions, ouvertes cinquante années auparavant à la Science par des pionniers de génie, avaient, attiré Clairaut tout d'abord avec une force égale, l'Analyse nouvelle et la Mécanique newtonienne. Newton en Angleterre, en 1687, et Leibniz en Allemagne, en 1684, avaient publié leur découverte des fondements de l'Analyse infinitésimale (2). De même que Galilée, au seuil du XVII^e siècle, en plaçant entre les mains des Astronomes le télescope, avait ouvert à l'Astronomie des champs nouveaux et infinis, de même en ce même siècle finissant, Newton et Leibniz, en mettant au service des Mathématiciens le Calcul infinitésimal, avaient doté l'esprit humain d'un instrument d'une nouvelle et infinie puissance. Cette Analyse, à laquelle Leibniz lui-même et les deux frères

(1) Plus tard, en 1758, à la mort de Bouguer, la pension de trois mille livres dont jouissait cet ancien membre de l'Expédition du Pérou, fut partagée par l'Académie entre Clairaut et Le Monnier ; mais Clairaut ne jouit pas longtemps de cet accroissement de sa modeste aisance : il devait mourir en 1765. Clairaut, membre adjoint de l'Académie dès 1731, était devenu membre associé en 1733.

(2) Newton, en son livre fameux, les *Principia*, avait exposé dans le Lemme II de son Livre II (pp. 250-254 de l'édition première, 1687) les principes du Calcul infinitésimal, découverts par lui peu avant 1667, et qu'il appelait le Calcul direct et indirect des *Fluxions*, désignant par ce mot les *vitesses* des accroissements des quantités *variables* (quantités *fluentes*) : c'était l'équivalent de ce que nous appelons le Calcul des dérivées des fonctions algébriques et le retour aux fonctions primitives, dans les cas les plus simples. De son côté, peu avant 1674 (comme Newton le reconnaît dans le Scholie qui suit le Lemme cité, en la première édition, 1687), Leibniz, indépendamment de Newton, avait découvert lui aussi le Calcul infinitésimal, sous une autre forme, et en appelait les deux parties le *Calcul différentiel* et le *Calcul intégral*. Ces deux grands géomètres avaient fait leur découverte indépendamment l'un de l'autre, et avaient inventé chacun un algorithme différent. Voyez l'esquisse historique, accompagnée des textes célèbres, dans l'Appendice au *Cours d'Analyse infinitésimale* de Paul Mansion, Gand, 1887.

Jacques et Jean Bernoulli avaient fait faire de merveilleux progrès, Clairaut s'en assimila de bonne heure les principes et les méthodes. Elle allait devenir l'outil de son travail quotidien jusqu'au terme de sa carrière. Si bientôt il consacra à la Mécanique de Newton tous ses labeurs, il conserva pour l'Analyse pure un culte auquel le manque de loisir l'empêcha de s'adonner comme il l'eût aimé. Encore, a-t-il eu l'occasion d'attacher son nom à la découverte de certains progrès dans la théorie de ce haut Calcul (1).

Mais le même Newton, qui dans son chef-d'œuvre incomparable, les *Principes mathématiques de la Philosophie naturelle*, avait déposé, comme en passant, à l'ombre d'un célèbre Lemme du second Livre les principes du Calcul infinitésimal, semences d'une fécondité inattendue, avait pris comme objet principal de son ouvrage l'exposé des fondements d'une Mécanique nouvelle, qui allait transformer toute la Physique céleste et toute la Physique terrestre, ou, comme on disait, toute la Philosophie naturelle. Le principe de cette Mécanique universelle s'énonçait en une loi d'une prodigieuse simplicité : Tout se passe, dans la Nature, comme si la matière attirait la matière, et l'attirait en raison directe des masses et en raison inverse du carré de la distance. Tout le Livre III, qui termine l'ouvrage et est intitulé *Du Système du Monde*, est un précis de la plus belle des applications de cette loi de l'Attraction universelle, c'est-à-dire un précis de la science nouvelle qui s'appellera la Mécanique céleste. L'un des plus importants objets traités en ce Livre III est le calcul de la masse du Soleil, des Planètes et des Satellites, et la détermination de leur figure.

La Mécanique newtonienne, telle fut la science à laquelle Clairaut consacra le labeur de sa vie. Il prenait à cœur le titre, qu'il portait à l'Académie, de membre de la Section de Mécanique. Du reste, son voyage dans le Nord et l'année entière dépensée par lui en ces terres silencieuses à constater l'aplatissement polaire du globe, présenté par Newton comme un des corollaires de ses formules, avait achevé d'attacher Clairaut au culte de la Mécanique nouvelle. Ce

(1) Il suffit de rappeler la découverte des solutions singulières de certaines équations différentielles, dites équations de Clairaut.

culte cependant ne fut jamais si exclusif qu'il l'empêchât d'accomplir ses tâches d'académicien. Il donna souvent des rapports sur les Mémoires présentés par les savants étrangers, — notamment, sur un Mémoire de Voltaire, qui se piquait de pouvoir un jour régenter la Physique, comme il régentait la Philosophie (1). — Clairaut sut écrire aussi des Mémoires importants sur l'Aberration des Étoiles, récemment découverte par Bradley, et donner des Tables de ce

(1) Le Mémoire de Voltaire est de 1741 ; il est intitulé *Doutes sur la Mesure des Forces et sur leur nature* et est de nulle valeur. Soutenant l'opinion cartésienne vieillie contre la doctrine leibnizienne, Voltaire prétend qu'une force a pour mesure le produit $mv$ de la masse du corps par la vitesse qu'elle lui communique, et non le produit $mv^2$ de cette masse par le carré de cette vitesse : la fameuse querelle des forces vives n'avait pas encore été éclaircie à cette époque et d'Alembert n'avait pas encore donné son admirable *Traité de Dynamique*, qui parut en 1743 et dont la seconde édition parut en 1758 ; aujourd'hui, le mot *force* a une signification étroitement fixée par l'usage des géomètres, et les quantités $mv$ et $mv^2$, appelées celle-là la *quantité du mouvement*, celle-ci la *force vive*, noms donnés à l'une par Descartes, à l'autre par Leibniz, ont chacune leur rôle en Mécanique. Le Mémoire de Voltaire fut analysé par de Mairan, ami de l'auteur et Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, dans l'*Hist. de l'Acad. des Sc.*, ann. 1741, pp. 149-153, analyse courtoise, sans conclusions. Le *Rapport*, signé en date du 26 avril 1741 par les académiciens Pitot et Clairaut, de la Section de Mécanique, a été publié parmi les pièces justificatives de la *Vie de Voltaire* écrite par Condorcet ; c'est une analyse sans discussions ni conclusions, mais terminée par une appréciation très polie : M. de Voltaire « montre, dans ces questions très difficiles à approfondir, » qu'il est très au fait de ce qui a été donné en Physique, et qu'il » a beaucoup médité sur cette Science ». Voltaire, qui depuis plusieurs années s'adonnait à la Physique, comprit fort bien le sens de l'appréciation et en fut très piqué : il en voulut à Pitot et à Camus, mais peu ou point à Clairaut (*Correspondance* citée, lettres des 5 et 18 mai à Maupertuis, et du 19 juin à Pitot). Du reste, Clairaut réussit, peut-être au prix d'une visite à Cirey, à panser délicatement la plaie faite à l'orgueil du grand homme et, celui-ci lui demandant son avis sur ses progrès dans les Sciences, le jeune géomètre, si nous en croyons Condorcet, « eut la franchise de lui répondre » qu'avec un travail opiniâtre, il ne parviendrait qu'à devenir un » savant médiocre, et qu'il perdrait inutilement pour sa gloire » un temps dont il devait compte à la Poésie et à la Philosophie ». Voltaire entendit le conseil, renonça à la Physique, qui n'y perdit rien, et tout entier se livra aux Lettres.

phénomène, des Études sur le perfectionnement des lentilles des lunettes d'approche, et des Recherches, dignes de lui, sur le Calcul intégral. Mais ces travaux étaient presque des hors-d'œuvre. La Mécanique céleste était bien l'objet habituel de ses méditations, et le *Livre des Principes* de Newton restait, selon une expression chère aux savants d'autrefois, son livre de chevet. Sa méthode favorite de travail, méthode patiente et sûre, fut celle-ci : une région, ou même un recoin, du champ ouvert par Newton à la Science se présentait-elle à son attention, il se livrait tout entier au défrichement de cette portion de la Science, la pénétrait, la remuait sans cesse et ne l'abandonnait point que l'œuvre ne fût parfaite.

La première étape de sa pensée mathématique fut marquée par la théorie mathématique de la figure de la Terre. Cette théorie avait été fondée par Newton, nous l'avons dit, et certainement Clairaut, pendant les nuits sans fin et les journées aussi sans fin de son séjour sous le Cercle arctique, eut le temps de méditer cette théorie, d'approfondir et de perfectionner l'œuvre de Newton. Six années encore, il poursuivit son travail et, en 1743, parut le livre qui sera la gloire d'Alexis Clairaut, le *Traité sur la Figure de la Terre.* Laplace dira un jour que, par l'importance de ses résultats, et par l'élégance avec laquelle ils sont présentés, cet ouvrage est au rang des plus belles productions mathématiques ; au jugement déjà de d'Alembert, le rival de Clairaut, ce chef-d'œuvre était supérieur à tout ce qui avait été fait jusque-là sur cette matière, même par Mac-Laurin. Nous nous en occuperons tantôt, mais nous avons à parler d'abord d'un livre beaucoup moins parfait et traitant d'un sujet beaucoup moins élevé, que Clairaut laissa imprimer peu avant ce chef-d'œuvre : il ne l'avait écrit, peut-être, comme nous le dirons, que par manière de délassement.

Deux ans, en effet, avant que sortît des mains d'Alexis Clairaut cette *Théorie de la Figure de la Terre,* le savant géomètre ne dédaigna pas de donner au public un *Traité de Géométrie,* qui parut en 1741 et fut réédité en 1765, en l'année de la mort de l'auteur. Sa réédition actuelle attire sur lui quelque attention. Ce livre est bien le moindre des titres de Clairaut à la célébrité : il n'a point

la valeur scientifique que promettait le nom de l'auteur ; mais il importe d'examiner s'il a bien la portée pédagogique que plusieurs pourraient lui attribuer.

Au dire des contemporains de l'auteur, ce petit ouvrage fut le résultat de leçons que vint prendre auprès de lui dès 1736, avant qu'il partît pour la Laponie, la trop fameuse marquise du Châtelet, la docte amie de Voltaire (1). Nous verrons que, plus tard, Clairaut alla lui-même donner à la marquise, jusque sous les ombrages de Cirey, des leçons d'Astronomie et l'aider dans sa traduction des *Principes* de Newton : elle eut la gracieuseté de payer son Maître d'Astronomie en faisant patronner par Voltaire et par les amis de Voltaire le *Traité de Géométrie*. De tels parrains et le nom de l'auteur firent que des Hollandais, des Suédois et même des Polonais crurent convenable de traduire ce livre en leurs langues. En France, la vogue de ce Traité fut modérée et dura peu.

Le caractère de ces leçons écrites « pour les commençants », est d'avoir été composées avec le souci constant d'épargner à l'élève toute « fatigue » et toute « difficulté » ; de remplacer les raisonnements abstraits par « les raisons sensibles des faits », et les appels à la réflexion par « les appels au témoignage des yeux » ; enfin d'écarter tout appareil de définitions, d'axiomes, de déductions. L'auteur évite toute énumération de cas, fût-ce l'énumération des trois cas d'égalité des triangles. Il a horreur de dogmatiser, de syllogiser : les moindres syllogismes, si par malheur il ne peut les éviter, sont dissimulés. A chaque page de son texte, nécessairement prolixe, se multiplient des expressions telles que celles-ci : « Il est clair que ... ; il est aisé de voir que ... ; on sent qu'il est inutile de démontrer que ... ». La méthode employée, comme l'auteur nous en avertit en sa Préface, est l'application de cette idée maîtresse : puisque la Géométrie est originairement la « mesure des terrains », le plus naturel et le plus aisé des procédés d'étude sera de tout ramener à des « problèmes » de mesures, problèmes que l'on enchaînera de son mieux, et on les choisira autant que possible parmi les problèmes analogues à ceux que « les premiers inventeurs

(1) C'est ce qu'affirme Grandjean de Fouchy dans l'*Éloge de Clairaut*.

de cette science » ont dû rencontrer. Au surplus, en suivant les procédés des Inventeurs, les élèves « pourront acquérir plus facilement l'esprit d'invention ». Clairaut ne se contente pas d'appliquer sa méthode aux matières qui ouvrent la Géométrie, mais il poursuit cette même marche, tantôt enfantine, tantôt guindée et embarrassée, du reste toujours fastidieuse, à travers toute la Géométrie élémentaire, plane et solide.

Certes, Clairaut ne fut pas le premier ni le dernier à se préoccuper d'initier à la Géométrie par l'intuition des choses concrètes les esprits rebelles à la logique, et plusieurs de ses considérations touchant la déduction mathématique et le rôle de la logique méritent attention. Mais le tort de son enseignement est d'être si superficiel et de se réduire à si peu, qu'on y sent sacrifiée la rigueur traditionnelle des études géométriques, c'est-à-dire ce qui en fait le mérite (1). Que ces leçons aient été données telles, cinq ans auparavant, à la marquise du Châtelet, nous ne le croyons point : nulle femme d'esprit n'eut jamais l'intelligence plus apte à recevoir selon sa forme traditionnelle l'enseignement des vérités géométriques. Publiées en 1741, au plus fort des travaux de Clairaut sur la figure des corps célestes, ces pages semblent avoir été écrites au courant de la pensée par façon de délassement d'études plus profondes et plus sévères. Peut-être, furent-elles écrites à la prière de la marquise, en souvenir de conversations échangées à Cirey entre le maître et l'élève (2). Quoi qu'il en soit de son origine, ce livre peut être d'un usage excellent, mais à la condition que l'élève soit dirigé par un maître excellent lui-même, qui sans cesse complète ces leçons et les synthétise. Encore sera-t-il dommage que l'élève ait été initié à l'une des plus belles sciences par un livre aussi éloigné de l'esprit des *Éléments* d'Euclide :

(1) Bertrand, *Clairaut, sa vie et ses travaux*.

(2) De retour de Laponie, Clairaut alla plus d'une fois passer quelques jours à Cirey, et on y parla Géométrie : « Un des meilleurs géomètres de l'univers, et sans contredit un des plus aimables hommes, écrit de lui Voltaire à Thiriot, le 24 mars 1730, quitte Cirey pour Paris, et c'est la seule faute où tomba ce grand homme ; » — et dix jours plus tard (3 avril), une lettre du même au même : « Cirey vous demande un Euclide grec et latin » (*Correspondance* citée).

ceux-ci restent le chef-d'œuvre dont la méthode, la rigueur, et la clarté ont été désespérément admirées par les grands géomètres de tous les âges, Newton à leur tête.

Comment Clairaut, un tel disciple de Newton, voulant écrire un manuel, n'a-t-il pas essayé de conserver en ses pages quelque chose des austères et attrayantes beautés de l'œuvre euclidienne ? Cinquante ans plus tard, en 1794, un autre Maître de la pensée mathématique, d'un génie supérieur à celui de Clairaut même, ne dédaignera pas de s'y essayer, et il y réussira : les *Éléments* de Legendre continuent, après cinq quarts de siècle, à initier nos générations à la Science de l'espace. Chez Clairaut, — et ce détail est caractéristique, — la fameuse propriété du carré de l'hypoténuse, pierre fondamentale de la Géométrie, — que vous et moi, étant enfants, saluions sans effroi, et plus joyeux qu'irrespectueux, du nom de pont-aux-ânes, — au lieu de s'appuyer sur la splendide et simple démonstration euclidienne vingt-trois fois séculaire, est incidemment signalée comme corollaire de la solution d'un problème, résolu lui-même par je ne sais quel artifice. Il valait mieux, au contraire, enseigner à l'élève que ce théorème fondamental admet deux démonstrations, l'une par les équivalences d'aires, l'autre par les proportions des lignes de figures semblables, et indiquer le lien entre ces deux démonstrations. Clairaut n'avait pas le droit d'oublier, même pour satisfaire peut-être à une gageure faite à la capricieuse marquise, la réponse qu'adressa, d'après la tradition, le sage Euclide à un royal élève, Ptolémée, fâché de rencontrer quelques épines au seuil de la Géométrie : « On n'entre point en Géométrie par des routes royales. »

Il est regrettable qu'un savant d'une aussi haute valeur que Clairaut, oubliant les leçons de circonspection que Newton lui avait données, ait écrit en sa Préface des lignes telles que celles-ci, qui déjà auront étonné les géomètres du XVIII^e siècle : « Si Euclide a pris souvent la peine de donner des démonstrations pour ainsi dire inutiles, c'est que ce Géomètre avait à convaincre des Sophistes obstinés : il fallait alors que la Géométrie eût, comme la Logique, les secours des raisonnements en forme, pour fermer la bouche à la chicane. Mais les choses ont changé de face. Tout raisonnement qui tombe sur ce que le bon sens seul décide d'avance,

est aujourd'hui en pure perte. » — Clairaut se trompait, ou plutôt déguisait la vérité ; car les choses n'avaient pas changé de face. Sans attendre le seuil du XX^e siècle, où nous voyons Einstein révolutionner les idées courantes sur l'espace et le temps, ni même le XIX^e siècle, où Lobatschefski et Riemann fondèrent la Géométrie générale, vaste royaume dont la Géométrie euclidienne forme une des trois provinces, déjà les contemporains de Clairaut se préoccupaient des écueils et des scandales (selon les expressions de d'Alembert) qui se dressent parmi les éléments de la Géométrie. Du vivant de Clairaut, Euler publiait en 1750 ses *Réflexions sur l'Espace et le Temps*, et d'Alembert, en 1759, donnait ses *Éléments de Philosophie*, auxquels nous empruntions les expressions de tantôt (1). Ce XVIII^e siècle ne se clora point que Monge et Fourier, en une séance de l'École Normale du 26 Pluviôse an III (14 février 1795), n'entrent en une fructueuse discussion sur la Ligne Droite et sur la définition qu'il convient d'en faire dans les Éléments (2) : la discussion avait été amenée par la toute récente publication (1794) des *Éléments de Géométrie* du citoyen Legendre.

Cependant, tout déclassé que soit au point de vue de la pédagogie contemporaine le Traité de Clairaut, il n'en reste pas moins, aux yeux des Historiens de la Science, un monument extrêmement intéressant. On doit savoir gré à M. Solo-

(1) « A proprement parler, écrit encore d'Alembert, il n'y a point de science qui n'ait sa Métaphysique, si on entend par ce mot les principes généraux sur lesquels une science est appuyée, et qui sont comme le germe des vérités de détail qu'elle renferme et qu'elle expose ; principes d'où il faut partir pour découvrir de nouvelles vérités, ou auxquels il est nécessaire de remonter pour mettre au creuset les vérités qu'on croit découvrir. » *(Éclaircissements sur les Éléments de Philosophie*, XV.*)*

(2) *Séances de l'École Normale, Débats*, t. I, pp. 28-33. Voyez dans la revue MATHESIS de Gand, 1889, pp. 139-140, les sages conclusions de Monge, l'illustre fondateur de la Géométrie descriptive, opposées aux suggestions de Fourier, le pénétrant auteur de la *Théorie analytique de la Chaleur*. — L'étude de la Métaphysique d'une science est inutile et dangereuse pour le jeune élève, mais elle est utile et nécessaire au maître qui enseigne cette science, et Clairaut a mal fait de déguiser au lecteur de sa Préface l'importance de cette Métaphysique.

vine de sa réédition ; il y a toujours utilité à relire les essais, fussent-ils même peu heureux, de tels Maîtres.

Il y a quelque soixante-dix ans, on exhuma de l'oubli cette *Géométrie* de Clairaut : il y eut même des professeurs qui la mirent entre les mains de leurs élèves (1) ; mais cette résurrection fut modeste et de peu de durée.

Le même savant écrivit aussi des *Éléments d'Algèbre* (1746), qui durèrent quelque temps et où l'auteur épargnait beaucoup à l'élève les difficultés. La quatrième édition, en 1797, fut munie, par un éditeur intelligent, d'additions tirées surtout des leçons que venaient de donner à l'École Normale Lagrange et Laplace.

B. Lefebvre, S. J.

*(A continuer.)*

(1) Ces maîtres avaient été séduits par le prestige du nom de Clairaut et aussi par l'autorité du nom de Lacroix. La seconde édition de la *Biographie universelle* de Michaud venait, en effet, de commencer à paraître (1841) : l'article consacré à Clairaut était signé par Lacroix, qui avait été le grand réformateur de l'enseignement des Mathématiques en France, après la Révolution, et la *Géométrie* de Clairaut y était fort louée. En fait, l'article était la reproduction, à quelques coupures près, de la belle Notice donnée, dès 1813, par Lacroix dans la première édition de cette *Biographie universelle*. Jamais Lacroix n'avait songé à préconiser l'introduction de cette *Géométrie*, comme manuel, dans l'enseignement moyen. Du reste, s'il en loue l'esprit, c'est avec des réserves. Ajoutons que lui-même, illustre débris de l'ancienne Académie des Sciences, — qui l'avait élu membre correspondant en 1789, — et membre titulaire de l'Institut depuis 1799, aimait fort de louer les académiciens du XVIIIe siècle.

# REVUE
## DES RECUEILS PÉRIODIQUES

### HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES.

**Les sciences grecques et leur transmission,** par HEIBERG (1). — Le beau travail de M. Heiberg est écrit d'un style si serré qu'il est impossible de le résumer. Le professeur de Copenhague nous a habitués à cette concision dans les articles de SCIENTIA, où il nous donne des aperçus généraux sur la Science grecque. Il faut se contenter de les signaler au lecteur.

La nouvelle étude de M. Heiberg s'étend à toutes les sciences naturelles grecques, y compris la médecine qui y tient une grande place, et sans en exclure l'astronomie, ni les mathématiques ; c'est ce qui me donne l'occasion d'en parler ici. Personne n'a plus de compétence que l'auteur pour traiter pareil sujet. Son travail est divisé en deux parties, provenant, en fait, de la réunion de deux articles. Le premier a pour objet *La splendeur et la décadence de la Science grecque* ; le second nous retrace *L'Œuvre de conservation et de transmission des Byzantins et des Arabes*. C'est ce dernier qui nous semble le plus neuf et aussi le plus intéressant.

Je ne puis m'empêcher d'y relever un trait, qui sera pour bien des lecteurs assez inattendu; car, s'il est exact, il est en tous cas peu connu et ne fait guère honneur à l'Occident latin. Il mériterait une étude approfondie. M. Heiberg juge,

(1) *Les Sciences grecques et leur Transmission.* « SCIENTIA ». REVUE INTERNATIONALE DE SYNTHÈSE SCIENTIFIQUE, Milan. Bureaux de la Revue, janvier-février 1922 ; pp. 1-10 et 97-104.

en effet, avec la dernière sévérité, les excès commis par les croisés, lors de la prise de Constantinople, en 1204. Les vainqueurs, dit-il, se conduisirent en barbares, détruisant les manuscrits les plus rares et les plus précieux pour le plaisir de les détruire. Ils causèrent ainsi des pertes irréparables.

Il n'est pas inutile de dire, pour terminer, que l'article du professeur de Copenhague est écrit en français.

**A propos du douzième centenaire du plus ancien traité d'Algorisme,** par KARPINSKI (1). — Court, mais bon travail sur le calcul numérique des nombres entiers au Moyen Age, auquel la récente publication du *Catalogue des Manuscrits mathématiques et astronomiques de la Bibliothèque de Bruges*, par MM. De Poorter et Alliaume (2), donne un intérêt particulier. A l'exception de deux, tous les manuscrits décrits dans ce *Catalogue* proviennent, on le sait, des célèbres abbayes de Ter Doest et des Dunes. Or, quand on parcourt le *Catalogue de Bruges*, dès le premier coup d'œil, un fait appelle l'attention ; je veux dire le nombre relativement considérable de traités d'algorisme, qu'en plein Moyen Age ces deux abbayes possédaient dans leurs bibliothèques. Sacro Bosco, Jordan de Nemore, Jean de Lignières, Nicole Oresme, Alexandre de Villedieu y étaient représentés. Les manuscrits de Ter Doest et des Dunes sont de nature à jeter du jour sur la question si obscure de l'état des connaissances scientifiques proprement dites, et notamment de l'arithmétique, chez les Belges, au XIIIe et au XIVe siècle. Peut-être ont-ils même une portée plus grande, et nous apportent-ils des documents nouveaux sur l'algorisme au Moyen Age. Mais, une étude préliminaire serait nécessaire pour nous fixer sur ce sujet. Quels sont les traités encore inédits contenus dans les manuscrits de Bruges ? Malgré les nombreux renseignements qu'il nous donne, le *Catalogue* présente encore des lacunes. C'est ainsi, par exemple, qu'il

(1) L. C. Karpinski, Prof. in the University of Michigan, *Two Twelf Century Algorisms*, ISIS, t. III. Bruxelles, Weissenbruch, 1921 ; pp. 396-413.

(2) Extrait des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ D'ÉMULATION DE BRUGES, t. LXV. Bruges, De Plancke, 1922 ; pp. 15-50.

oublie de dire que le *Carmen de Algorismo* d'Alexandre de Villedieu a été jadis publié par Halliwell, dans ses *Rara Mathematica* (1).

J'en reviens au douzième centenaire du plus ancien traité d'Algorisme, par M. Karpinski, dont ma digression sur le *Catalogue de Bruges* m'a, au surplus, beaucoup moins éloigné qu'on pourrait le croire. C'est qu'il est difficile aujourd'hui de parler de l'algorisme au Moyen Age, sans tenir compte des écrits que le professeur de l'Université de Michigan a consacrés à ce sujet. Dans le présent article, il commence par rappeler sommairement quels sont les principaux traités d'algorisme jusqu'ici connus. Puis il nous dit, en un mot, que le plus ancien d'entre eux remonte à douze siècles, et qu'il est de la plume de Mohammed-Al-Chowarizmi. Les lecteurs de la REVUE n'ont pas oublié que l'excellente édition de la version latine de l'*Algèbre* d'Al Chowarizmi, par Robert de Chester ou de Rhétines, est due aux soins de M. Karpinski (2). L'éditeur a cru que, pour fêter le centenaire de son héros, rien n'était plus indiqué que de publier quelques pièces nouvelles relatives à l'algorisme. Il nous donne donc deux versions latines d'un ancien manuel de calcul des nombres entiers, datant l'une et l'autre de la fin du XII^e^, ou du commencement du XIII^e^ siècle. Malgré la divergence des textes, ces versions proviennent d'une même source, ce que M. Karpinski met bien en évidence en publiant ces textes dans deux colonnes en regard. La première de ces versions est empruntée au Royal Ms. 15, V. IX du British Museum (f° 77 v°); la seconde est reproduite d'après deux manuscrits, l'un du British Museum (Eggerton, Ms. 2261, f° 225 v°-227 v°); l'autre de la Bibliothèque Nationale de Paris (Ms. latin 10252, f° 66 r°-70 v°).

(1) *Rara Mathematica or a Collection a treatise on the mathematics and subjects connected with them.* . Edited by James Orchard Halliwell. Londres, Samuel Maynard, 1841 ; pp. 73-83.

(2) *Robert of Chester's Latin Translation of the Algebra of Al'Chowarizmi with an Introduction, Critical Notes and an English Version*, by Louis Charles Karpinski. University of Michigan. New-York et Londres, Macmillan ; 1915.

J'ai rendu compte de cet ouvrage dans la REVUE, t. LXXVII, avril 1920, pp. 469-471.

M. Karpinski a ajouté à son édition une traduction anglaise du premier texte et divers commentaires. Je me plais à y signaler surtout les exemples numériques joints à la traduction anglaise. Ils en éclaircissent beaucoup le sens ; car, il faut bien l'avouer, les vieux algorismes du Moyen Age sont, à une première lecture, parfois plus difficiles à comprendre qu'on pourrait le croire.

**Les titres de gloire des Italiens, dans les Progrès de l'Algèbre,** par BORTOLLOTI (1). — Il me serait assez difficile de louer à la fois le fond et la forme de l'article de M. Bortolotti ; je commencerai donc par dire le bien que je pense du fond. La travail est le fait d'un érudit averti, fort au courant du sujet qu'il traite. Le lecteur y apprend du neuf, notamment dans les renseignements bibliographiques. L'orateur — car nous ne sommes pas en face d'un mémoire, mais bien d'un discours — l'orateur, dis-je, a divisé ce discours en deux parties : 1° Léonard de Pise et l'origine des mathématiques italiennes ; 2° L'École de Bologne, la théorie de l'équation du 3e degré et les prodromes de la méthode infinitésimale.

Dans cette seconde partie, pour commencer par elle, nous trouvons le récit du différend tapageur de Cardan et de Tartaglia, qui tourna en querelle ardente, souvent racontée, mais dont on relit volontiers les épisodes. A la fin de la seconde partie, M. Bortolotti mentionne complaisamment l'*Algèbre* de Bombelli. Il a mille fois raison, et je lui reprocherais même de s'être contenté d'effleurer le sujet. L'orateur, je le sais, est revenu à Bombelli deux ans plus tard, dans son discours inaugural à l'Université de Bologne (2) ; mais encore beaucoup trop sommairement à

(1) Prof. Ettore Bortolotti, *Italiani Scopritori e Promotori di teorie algebriche. Discorso inaugurale.* ANNUARIO DELLA REGIA UNIVERSITÀ DI MODENA. ANNO ACCADEMICO 1918-1919. Modena, G. Ferraguti, 1919 ; pp. 49-148.

(2) *Lo studio di Bologna, ed il rinnovamento delle Scienze matematiche in Occidente. Discorso inaugurale letto dal Prof. Ettore Bortolotti ordinario di analisi algebrica.* ANNUARIO DELLA REGIA UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, PER L'ANNO ACCADEMICO 1920-1921, DALL'ORIGINE ANNO DCCCXXXIII. Bologna, Paolo Neri, 1921 ; pp. 11-37.

mon gré. L'*Algèbre* de Bombelli mérite plus et mieux. Il nous en manque une étude approfondie, avec extraits justificatifs à l'appui ; car, du moins à l'étranger, le volume est rare et on est le plus souvent réduit à l'admirer sur la foi d'autrui et de confiance. Dans l'analyse détaillée, que je préconise, je voudrais voir comparer l'œuvre de Bombelli aux travaux similaires de ses principaux contemporains, Cardan, Stifel, Nunes, Pelletier, Butéon, Petri, Stevein et d'autres encore. Le grand Italien soutiendrait sans trop de peine l'épreuve. Pourquoi M. Bortolotti ne tenterait-il pas ce travail ?

Abordons maintenant la première partie du discours. Elle est consacrée, je viens de le dire, à Léonard de Pise. L'orateur s'y livre à un réquisitoire en règle contre Moritz Cantor. Il y critique le parallèle que le professeur d'Heidelberg établit entre Léonard de Pise et Jordan de Nemore. M. Bortolotti admet, après le prince Boncompagni, Treutlein, Curtze et Cantor que Jordan est Allemand. C'est probable effectivement. Mais avant d'assommer cet Allemand à coups de butoir, l'orateur de Bologne n'eût-il pas été bien avisé de réfuter Duhem, et de nous montrer que ses assauts redoublés ne risquaient pas de tomber sur la tête d'un Italien ? On sait que dans ses *Origines de la Statique* (1), le professeur de Bordeaux traduit le nom de Jordanus Nemorarius par Giordano de Nemi et que, d'après lui, Nemi désigne le lieu d'origine de Giordano.

Dans ses attaques contre Cantor, M. Bortolotti soutient une triple thèse : L'auteur des *Vorlesungen ueber Geschichte der Mathematik* s'est efforcé, dit-il, d'accréditer trois erreurs relatives à Léonard de Pise. 1° Il cherche à faire croire que Léonard fut méprisé par ses compatriotes et qu'il dut tous ses succès à l'empereur Frédéric II et ses courtisans ; 2° Léonard fut un brillant météore dont l'éclat s'éteignit en peu d'années ; 3° Les mathématiques indiennes ne se propagèrent pas en Occident, grâce à l'influence de Léonard, mais à celle du moine saxon Jordan de Nemore.

Les thèses de M. Bortolotti doivent se considérer à un double point de vue. En tant qu'elles suspectent la bonne

(1) T. I. Paris, Hermann, 1905, p. 106.

foi et l'équité de Cantor, il est impossible de s'y rallier. Semblable défiance n'est pas l'impression que laisse la lecture des *Vorlesungen*. J'ajouterai, en ce qui me concerne, que j'ai toujours rencontré chez le vieux maître d'Heidelberg, le correspondant le plus impartial et le plus loyal du monde. C'était aussi le plus tolérant, et il eût examiné avec une curiosité bienveillante les thèses de M. Bortolotti, car elles sont intéressantes. Pour moi, je n'oserais me prononcer sur les deux premières. Les documents me font défaut pour me former une opinion. Il en est autrement de la troisième. Et tout d'abord, celui qui connaît les ouvrages originaux de Jordan de Nemore et de Léonard de Pise admettra très difficilement avec M. Bortolotti que les premiers soient l'œuvre d'un « pygmée » allemand comparée à un « géant » italien. Léonard est un « géant », d'accord. Mais le « pygmée » n'est pas si petit que cela : c'est au contraire un fort grand homme. J'admets, cependant, volontiers — et c'est, au surplus, l'avis de Cantor lui-même (1) — qu'en fait de génie mathématique, le Géomètre italien l'emporte sur l'Allemand. La solution de la célèbre équation numérique du 4e degré est, pour l'époque, une merveille de calcul exécutée par Léonard, dont il serait difficile de trouver l'équivalent chez Jordan. Mais, d'autre part, ce dernier était moine. Son habit, quoi qu'en pense M. Bortolotti, lui assura, du moins dans les pays du Nord, une influence que n'y eut pas Léonard. Je pourrais en apporter comme preuve les grandes abbayes de Ter Doest et des Dunes, dont les manuscrits sont aujourd'hui l'un des trésors de la Bibliothèque de la Ville de Bruges, comme je viens de le dire. Léonard de Pise, il faut bien le reconnaître, au Moyen Age, passa chez nous inaperçu.

Le discours de M. Bortolotti appelait ces réserves, mais je me hâte de reconnaître que pour la plupart l'orateur peut invoquer une excuse. Il n'a pas écrit à froid. Il a parlé de vive voix, à de jeunes Italiens, dont il voulait échauffer le patriotisme au sortir de la guerre. Sans aller peut-être aussi loin, qui de nous à cette époque et en pareille circonstance n'eût pas forcé la note ?

(1) *Vorlesungen*, 2e éd., t. II, Leipzig, Teubner, 1900, p. 86.

**A propos de Torricelli**, par BORTOLLOTI et LORIA (1).— Une polémique, dont la vivacité toute méridionale tranche sur le ton d'ordinaire plus calme des discussions scientifiques chez les hommes du Nord, se poursuit entre M. Hector Bortolotti, professeur à l'Université de Bologne, et M. Gino Loria, professeur à l'Université de Gênes, à l'occasion de la récente édition que celui-ci a donnée des *Œuvres de Torricelli*, avec la collaboration de M. Giuseppe Vassura. J'aime à y voir plutôt un tournoi qu'une querelle. Il ne saurait, cependant, entrer dans les intentions de la Rédaction de la REVUE d'y prendre une part active. Il s'y agit moins d'une question de fait, que d'une appréciation personnelle. Chacun des deux champions possède assez d'autorité et de talent pour défendre lui-même son opinion. Ensuite et surtout, l'abstention s'impose, parce que le différend me paraît provenir plutôt d'un malentendu que d'une vraie divergence sur le fond de la question. Les deux jouteurs s'accordent, en effet, sur la haute valeur de Torricelli, et ils ont raison. Mais alors quoi ?

En spectateur désintéressé, qui voit de loin les reprises de l'assaut, je dirai qu'il y a entre MM. Bortolotti et Loria deux points contestés : La valeur de la récente édition des *Œuvres de Torricelli* ; la place qui revient à Torricelli dans l'histoire du Calcul infinitésimal.

J'ai répondu ailleurs (2) à la première question, et je me résume ici en deux mots. Malgré ses défectuosités, l'édition de Torricelli nous a révélé l'illustre savant de Faenza. En dehors de l'Italie, ou du moins en Belgique, ses œuvres étaient des raretés bibliographiques. Nous en étions réduits à l'admirer de confiance et sur la foi d'autrui ; nous ne le connaissions pas. Grâce à M. Loria, ses écrits nous sont aujourd'hui accessibles. Il faut en savoir gré à l'éditeur.

(1) *L'Opera geometrica di Evangelista Torricelli*, par Loria. IL BOLLETTINO DI MATEMATICA. Nuova serie, t. I, Florence, 1922, 2e part.; pp. I-VII.

Compte rendu critique de l'article précédent, par H. Bortolotti. PERIODICO DI MATEMATICHE, sér. IV, t. II, Bologne, 1922; pp. 274-279.

Réplique de Loria. Même vol., pp. 364-369.

(2) ANNALES DE LA SOC. SCIENT., t. XLI, année 1921-1922, 2e part., pp. 141-148.

La nouvelle édition contient beaucoup de fautes, objecte M. Bortolotti ; elle aurait pu être mieux soignée.

C'est entendu. Mais, il y a à cela une excuse. L'édition a paru au milieu du trouble de la guerre. M. Loria n'a pas cru devoir choisir entre tout ou rien. Il a préféré nous donner son travail tel quel. Loin de le regretter, je m'en félicite. Nous possédons, enfin, je viens de le dire, l'instrument indispensable à l'étude de Torricelli.

La seconde question est plus complexe. Torricelli clôt-il l'ère purement géométrique d'Euclide, comme le dit M. Loria ? Ouvre-t-il, au contraire, avec son ami Cavalieri, l'ère de l'analyse infinitésimale moderne, comme le soutient M. Bortolotti ?

Posées en ces termes, ni l'une ni l'autre de ces questions ne me paraît susceptible d'une réponse courte et précise. Elles nécessitent beaucoup de distinction. Ni l'une ni l'autre, en effet, ne tient compte suffisamment du progrès lent et continu de la science. Quand on s'en rapporte aux *Œuvres de Torricelli*, on constate que l'auteur y fait encore beaucoup de géométrie à la manière des anciens. Il s'y sert aussi, et très habilement, des indivisibles de Cavalieri. Mais, à ce dernier point de vue, il ne saurait cependant soutenir la comparaison avec le grand Milanais. A ce propos, je me contenterai de dire que tous deux sont assez inexactement connus aujourd'hui. Ils devraient être étudiés à nouveau dans leur cadre ; c'est-à-dire dans l'ensemble des travaux de leurs prédécesseurs, Stevin, Luc Valerio, Kepler, Snellius et tant d'autres géomètres de talent, qui leur préparèrent le terrain. Il en ressortirait, que ni Torricelli, ni Cavalieri, ne vinrent brusquement bouleverser les méthodes d'Archimède. Cette œuvre de transformation était commencée depuis un demi-siècle. Mais, ils y donnèrent une impulsion puissante, qui fit peut-être trop oublier leurs devanciers.

Il faut bien reconnaître aussi que, tandis que notre analyse infinitésimale est tout algébrique, celle de Cavalieri et de Torricelli est encore purement géométrique. Définir où commence l'ère moderne de l'analyse infinitésimale,paraît donc chose un peu conventionnelle, qui dépend surtout du point de vue auquel on se place. Il est bien permis d'y différer d'avis. Pour moi, sans y attacher beaucoup d'im-

portance, je préférerais reculer le début de l'ère moderne du Calcul infinitésimal jusqu'au moment où Leibniz et Newton découvrent que le problème des quadratures est l'inverse de celui des tangentes, et que, pour trouver une intégrale, il suffit de former la fonction primitive, dont la fonction donnée est la dérivée. A partir de ce jour, tout change, tout se simplifie. Les artifices géométriques compliqués, encore exclusivement en usage, tendent rapidement à disparaître ; et la résolution des problèmes courants d'analyse infinitésimale devient relativement facile.

Mais, l'intérêt très grand des articles de MM. Bortolotti et Loria est ailleurs (1). Ils nous montrent en Torricelli un géomètre que nous ignorions beaucoup trop. Je les recommande à l'attention du lecteur. Il y verra, pour me contenter d'un exemple entre bien d'autres, que Torricelli a énoncé plusieurs fois le théorème suivant, dont je ne dois pas signaler l'importance (2).

Soit une figure douée d'un axe de symétrie qui la rencontre en deux sommets. Nommons $a$ la longueur de la portion de l'axe comprise entre les sommets. Le centre de gravité de la figure se trouve sur l'axe de symétrie, à une distance X de l'un des sommets, pris pour origine, donnée par la formule

$$X : (a - X) = \sum_0^a x\varphi(x)\,\Delta x : \sum_0^a (a - x)\,\varphi(x)\,\Delta x.$$

En la résolvant par rapport à X, on trouve l'expression connue :

$$X = \frac{\sum_0^a x\varphi(x)\,\Delta x}{\sum_0^a \varphi(x)\,\Delta x}.$$

Torricelli observe, que si la formule est générale, elle n'est

(1) Il convient d'ajouter aux articles déjà cités *Le prime applicazioni del Calcolo integrale alla determinazione del centro di gravità di figure geometriche*. RENDICONTO DELLE SESSIONI DELLA R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE DELL' ISTITUTO DI BOLOGNA. Bologne, 1922. Je n'ai sous la main qu'un tiré à part.

(2) Voir : *Opere di Evangelista Torricelli*, t. III. Faenza, Montanari, 1919. Lettre de Torricelli à Cavalieri. Florence, 7 avril 1646 (pp. 365-367). Lettre du même au même. Florence, 21-28 avril 1646 (pages 370-373). Il va de soi que, pour la clarté, j'ai transformé l'énoncé en langage et en notations modernes.

guère pratique. C'est que, n'étant pas encore à l'époque de Leibniz et de Newton, il doit, dans chaque cas particulier, déterminer le numérateur et le dénominateur de la fraction, par des artifices géométriques, la plupart du temps inextricables. J'ai voulu rappeler cette difficulté, en employant le $\Sigma$ plutôt que l'$\int$ allongé, dans l'écriture des intégrales du numérateur et du dénominateur.

**Une lettre de Roberval à Mersenne, du 6 janvier 1637, jusqu'ici inconnue et récemment publiée par** M. C. DE WAARD (1). — Il est des chercheurs qui ont la main heureuse et M. de Waard est du nombre. Après plusieurs trouvailles aussi retentissantes qu'inattendues, relatives à la correspondance de Descartes et à celle de Fermat, voici qu'il vient de découvrir une très importante lettre de Roberval à Mersenne, datée du 6 janvier 1637. L'autographe en est perdu, mais M. de Waard a mis la main sur deux copies de la lettre ; l'une fait partie d'un précieux recueil formé jadis à Paris par François van Schooten et qui se trouve aujourd'hui à la Bibliothèque de l'Université de Groningue (Ms. 110, f° 13 v°-15 v°) ; l'autre est à la Bibliothèque Nationale de Florence, parmi les papiers de Viviani (Ms. *galileiani discipoli*, vol. 103, f° 99 v°-103 v°).

A la date du 6 janvier 1637, Roberval répond à une lettre aujourd'hui détruite ou égarée de Mersenne, dans laquelle le Minime le consultait sur le problème de la roue d'Aristote. Ce problème avait alors aux yeux des géomètres une apparence paradoxale qui nous étonne aujourd'hui. Voici son énoncé :

On donne une roue et deux circonférences concentriques de cette roue, dont le centre commune se déplace en ligne droite d'un mouvement uniforme. On demande pourquoi leur révolution par roulement se fait, pour la plus grande comme pour la plus petite circonférence, suivant des lignes égales ; tandis que, si on les fait rouler isolément, les lignes

(1) *Une lettre inédite de Roberval du 6 janvier 1637, contenant le premier énoncé de la cycloïde*, publiée par C. de Waard, BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES, t. XLV ; Paris, Gauthier-Villars, 1921, pp. 206-216 et 220-230. — La lettre de Roberval est écrite en français.

correspondant à leur révolution sont entre elles comme les diamètres de ces circonférences.

Le problème de la roue d'Aristote fut aussi fameux chez les anciens, que ceux de la quadrature du cercle, de la trisection de l'angle et de la duplication du cube. Il fit couler des flots d'encre et, au temps de Roberval et de Mersenne, passait encore pour un inextricable casse-tête. On devine la cause de cet embarras. Aucun géomètre n'avait encore donné une définition rigoureuse de la longueur d'un arc de courbe. *A fortiori* aucun d'eux n'avait-il défini le roulement de deux lignes en contact. Le problème paraît simple aux modernes, parce que, pour eux, les deux lignes en contact et qui se meuvent d'un mouvement uniforme roulent l'une sur l'autre, quand les arcs compris entre le point de départ et le point final du mouvement ont la même longueur. Cela étant, servons-nous de l'exemple classique, proposé par Pascal : Dans une voiture en mouvement uniforme, une seule circonférence idéale de chaque roue *roule* au sens mathématique du mot. C'est celle dont les points décrivent des cycloïdes ordinaires. Les circonférences dont les points décrivent des cycloïdes soit raccourcies, soit allongées, ne roulent pas, mais glissent. Pour résoudre le paradoxe de la roue d'Aristote, tout consistait donc à définir le sens précis des mots. Mais, répétons-le, en 1637, aucun géomètre n'y avait encore songé.

Dans la présente lettre, Roberval donne du paradoxe de la roue une explication différente de la précédente ; explication correcte, mais basée sur les principes de mécanique qu'il emploie dans sa méthode des tangentes ; c'est-à-dire, qu'il introduit dans la solution des considérations de vitesse et de composition des mouvements. Après quoi, Roberval passe à une *définition* et à une construction par points de la cycloïde ordinaire, car, — et c'est là une chose inattendue, — ces questions faisaient le second objet de la lettre que lui avait écrite Mersenne !

Et voilà qui étonnera sans doute tous ceux qui, n'étant pas historiens des mathématiques, ne connaissent l'histoire de la roulette que par le récit aussi brillant qu'inexact qu'en a écrit Pascal. Ceci demande à être expliqué. Dans la magnifique réédition des *Œuvres de Blaise Pascal*, qui fait partie

de la COLLECTION DES GRANDS ÉCRIVAINS DE LA FRANCE (1), les éditeurs, avec beaucoup de loyauté, avaient signalé et plusieurs affirmations de Pascal devenues insoutenables, dont voici les quatre principales.

1° C'est Mersenne, le premier, dit Pascal, qui remarqua la cycloïde et en donna la définition.

Pas du tout. Mais, outre les arguments apportés par les éditeurs de Pascal, la nouvelle lettre de Roberval nous permet d'aller plus loin. Non seulement le Minime n'imagina pas la définition de la cycloïde, mais il n'y voyait pas clair, et c'est son correspondant qui lui explique la nature et la construction de cette courbe.

2° Dans l'*Histoire de la Roulette* de Pascal, beaucoup de dates relatives aux découvertes de Roberval sont contredites par les faits. Cela reste vrai ; mais, la présente lettre permet de préciser encore bien d'autres données chronologiques douteuses. Je ne saurais en développer le détail sans dépasser les bornes qui me sont imposées dans ce *Bulletin*. M. C. de Waard s'est d'ailleurs chargé lui-même de ce travail, dans l'Introduction qu'il a mise en tête de la lettre. J'y renvoie le lecteur.

3° Quoi qu'en dise Pascal, Torricelli ne s'est pas approprié les solutions que Beaugrand aurait transmises à Galilée. Sur ce point, les nouveaux éditeurs de Pascal sont formels. L'Italien n'est pas un plagiaire, mais la lettre de Roberval n'ajoute rien à ce qu'ils nous apprennent.

4° Torricelli a-t-il reconnu la priorité de Roberval dans la solution du problème de la roulette ?

Il ne l'a certainement pas reconnue dans les termes que lui prête Pascal. S'il fallait en croire ce dernier, « M. de Roberval se plaignit à Torricelli par une lettre qu'il lui en écrivit, et le P. Mersenne en même temps, mais encore plus sévèrement. Il lui donna tant de preuves et imprimées et de toutes sortes, qu'il l'obligea d'y donner les mains et de céder cette invention à M. de Roberval, comme il fit par ses lettres écrites de sa main que l'on garde ».

Nous avons effectivement encore une partie de la corres-

(1) Publiée par Léon Brunschvicg, Pierre Boutroux et Félix Gazier. T. VIII, Paris, Hachette, 1914 ; pp. 181-194.

pondance de Torricelli et de Mersenne sur le sujet. Nous avons surtout la fameuse lettre de Torricelli à laquelle Pascal fait allusion. Si Pascal a lu ces pièces, — ce qui ne me paraît pas certain, car c'est la meilleure manière de sauvegarder sa bonne foi, — le géomètre français torture les formules de politesse dont Torricelli use envers Roberval, au point de leur attribuer un sens absolument faux. Cette impression est renforcée par la lettre du 6 janvier 1637. Cette lettre a, en effet, permis à M. de Waard — et c'est une des bonnes pages de son Introduction — de préciser des faits et des dates jusqu'ici douteuses, qui, toutes, confirment la loyauté du grand Italien.

Reste une dernière question que le lecteur se pose probablement, et que M. de Waard ne traite pas : Qui donc a fourni à Pascal les éléments de son *Histoire de la Roulette* ? Car, on en demeure assez généralement d'accord, le prestigieux écrivain n'avait ni le flair, ni la patience du fouilleur d'archives. Des amis érudits et complaisants lui fournissaient les documents, il leur prêtait l'inimitable souplesse de sa plume.

Sans en avoir des preuves péremptoires, on ne doutait guère jusqu'ici que l'informateur de l'*Histoire de la Roulette* n'eût été Roberval. La lettre à Mersenne que nous venons d'analyser rend cette opinion insoutenable. Mais, alors, qui s'est chargé de renseigner Pascal ? On a parfois nommé Desargues et peut-être faudra-t-il revenir à lui. Je pose la question sans pouvoir la résoudre pour le moment.

**Le Ratz de Lanthenée,** par Boulmont (1). — Cette monographie a été fort remarquée par tous ceux qui prêtent attention aux publications relatives à l'histoire de la Belgique, mais, plus particulièrement, par ceux qui s'intéressent au folklore du Hainaut. C'est que le Ratz est un person-

(1) *J. F. Le Ratz de Lanthenée, savant mathématicien thudinien au XVIII^e siècle*, par Gustave Boulmont. Mons, Imprimerie Dequesne-Masquillier et fils, 1910. Un volume in-8° de 96 pages, avec un portrait et deux planches hors texte.

Ce travail a paru dans le 62^e volume des Mémoires et Publications de la Société des Arts, des Sciences et des Lettres du Hainaut.

nage singulier, mystérieux. Dans le titre, l'abbé Boulmont le qualifie de savant mathématicien. « Savant » ,c'est peut-être beaucoup dire, mais, il eut son heure de célébrité. Les MÉMOIRES DE TRÉVOUX, par exemple, dans leur cahier de mars 1739, publient un compte rendu détaillé et très élogieux des *Eléments de Géométrie* de Le Ratz ; et dans leur cahier d'avril 1751, les mêmes MÉMOIRES annoncent et analysent ses *Nouveaux essais de Physique*. Le ton de l'éloge, il faut le dire, a cette fois beaucoup baissé.

Qui était Le Ratz de Lanthenée ? Quelle valeur avaient ses ouvrages ? Ces questions paraissaient devoir rester à jamais insolubles. A Thuin, patrie de l'auteur, on en avait perdu tout souvenir. Quant à le faire revivre par ses œuvres, il n'y fallait guère songer. Elles sont devenues des raretés bibliographiques introuvables et Quetelet, toujours si bien renseigné, avoue, dans son *Histoire des Sciences Mathématiques et Physiques chez les Belges* (1), qu'il ne les avait jamais vues.

Tel est le personnage, en réalité aussi intéressant qu'inconnu jusqu'ici, dont M. Boulmont a réussi à mettre la figure en pleine lumière. Voici comment. Les archives de la famille Le Ratz se conservaient chez feu M. 't Serstevens-Toye, qui les mit à la disposition de l'auteur.

« Ces archives, nous dit ce dernier, consistaient surtout dans une correspondance intime du père (il s'agit de notre Le Ratz) et des fils, se répartissant entre les années 1729 et 1752, cessant, par conséquent, quatre ans avant la mort du père arrivée en 1756.

» Le dépouillement de cette correspondance, très curieuse à plus d'un titre, nous a révélé entre autres choses l'existence simultanée de deux mathématiciens, le père et le fils, portant tous deux le nom de Jean-François Le Ratz de Lanthenée, dont les publications citées plus haut seraient en grande partie l'œuvre commune. »

Le travail de l'abbé Boulmont compte près de cent pages richement documentées. On conçoit que nous ne puissions ni le résumer, ni même indiquer les discussions, pleines souvent d'une judicieuse critique, qu'on y rencontre, mais je transcris les dernières conclusions :

(1) T. I. Bruxelles, Hayez, 1864, p. 279.

« De tout ceci il résulte que le véritable auteur des ouvrages qui ont valu une certaine célébrité au nom de Le Ratz de Lanthenée, pendant le XVIII^e siècle, ne peut être que Jean-François Le Ratz de Lanthenée, né à Thuin, en 1679, et y décédé, en 1756. *A chacun ses œuvres !* C'est dans cette pensée que nous nous plaisons à rendre hommage au mérite et au désintéressement de ce savant, jouissant, du fond de sa paisible retraite, des succès que son fils ne doit guère qu'à lui, et se trouvant suffisamment récompensé de ses propres labeurs, par la réputation scientifique acquise par cet autre lui-même ».

**Le « Diarium » de Jean Henri Lambert,** publié par KARL BOPP (1). — Cet important et très utile travail parut pendant la guerre, et par suite, comme plus d'un autre, passa chez nous inaperçu. Il n'est pas trop tard pour le signaler.

Jean Henri Lambert naquit, on le sait, le 28 août 1722, à Mulhouse, alors ville libre de l'Alsace, et mourut à Berlin, le 25 septembre 1777. Avec Euler et Lagrange, qui l'éclipsent cependant un peu, Lambert fut l'une des gloires de l'Académie fondée par le grand Frédéric. Son érudition était merveilleuse, et ses connaissances des plus variées. A l'exemple de Leibniz, auquel on l'a souvent comparé, il écrivit avec compétence sur les sujets les plus disparates, philosophie, théologie, esthétique, physique, géographie :

(1) *Johann Heinrich Lamberts Monatsbuch mit den zugehörigen Kommentaren sowie mit einem Vorwort über den Stand der Lambertforschung*, herausgegeben von K. Bopp, Heidelberg. Vorgelegt am 5. December 1914. ABHANDLUNGEN DER KOENIGLICH BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN (Mathematisch-physikalische Klasse, XXVII Band, 6. Abhandlung, München, Verlag der Koeniglich Bayerischen Akademie der Wissenschaften, 1916, in-4° de 84 pages et deux photogravures hors texte. La première représente Lambert dans son cabinet d'études, donnant une leçon à cinq personnages qui l'écoutent. La seconde nous offre un specimen de son écriture. C'est la reproduction d'une page du codex Got. 740, dans laquelle Lambert donne la liste de ses principaux travaux antérieurs à 1771.

Peut-être n'est-il pas hors de propos d'observer que Lambert traduit lui-même le mot *Monatsbuch* par *Diarium*.

que sais-je encore ? Mais il se distingua surtout par des travaux de premier ordre en mathématique et en astronomie.

Lambert a beaucoup publié, notamment dans les collections de l'Académie de Berlin ; cependant, ses travaux inédits semblent ne devoir le céder, ni en nombre, ni en valeur à ceux qui ont déjà vu le jour. Sa correspondance avec les personnalités scientifiques de son temps était très active, et il est permis de croire, d'après ce qu'on en connaît, qu'elle était loin d'être banale. Il y aurait probablement bien des choses à y apprendre, car les plus illustres savants de l'Europe se faisaient gloire d'être en relations épistolaires avec Jean Henri Lambert. La correspondance et les manuscrits de Lambert forment aujourd'hui l'une des richesses de la bibliothèque du château de Friedenstein à Gotha.

Que conviendrait-il d'en publier, quand les circonstances permettront de donner une édition des *Œuvres* de Lambert, désirée depuis longtemps ? Comment répartir les lettres et mémoires inédits parmi les écrits de Lambert qui ont déjà été imprimés une première fois ? Probablement faudra-t-il faire le départ entre la correspondance et les mémoires. Mais dans chacune de ces subdivisions l'ordre chronologique sera sans doute le meilleur, pour ne pas dire le seul possible. Or, c'est ici que le travail de M. Bopp est appelé à rendre grand service, car une vaste collection d'écrits comme celle de Lambert est presque toujours difficile à mettre en ordre. Heureusement que, cette fois, l'auteur lui-même nous a laissé un document propre à faciliter beaucoup le classement : j'ai nommé son « Diaire ».

De janvier 1722, jusqu'en mai 1777 — c'est-à-dire jusque quatre mois avant sa mort — Lambert prit l'habitude de noter en peu de mots, mois par mois, ce qui avait fait l'objet de ses études pendant le mois écoulé. Il y fut fidèle avec une constance et une ténacité remarquables. Tel est l'objet du « Diarium », et c'est le document que nous donne aujourd'hui le successeur de Cantor dans la chaire d'histoire des mathématiques d'Heidelberg.

Si l'éditeur s'était contenté de le publier sans y rien ajouter, par cela seul il eût déjà fait œuvre excellente. Mais il a cru bon d'aller plus loin. Le « Diarium » devant, comme

nous venons de le dire, servir de fil conducteur pour classer les travaux de Lambert, M. Bopp n'a pas voulu laisser à d'autres le soin d'exécuter cette œuvre de patience, aussi longue que délicate. Dans une annotation très riche et très serrée, il nous indique non seulement, mois par mois, mais, s'il m'est permis de m'exprimer ainsi, membre de phrase du Diaire par membre de phrase, quels sont les travaux, soit imprimés, soit manuscrits, de Lambert qui semblent avoir été le fruit de chacune de ses méditations. C'est très original, mais encore une fois très utile.

Il va de soi, cependant, que malgré son mérite, une étude comme celle de M. Bopp ne saurait être définitive. On la complétera probablement, on en corrigera peut-être plus d'un détail. N'importe, elle rendra néanmoins telle quelle les plus grands services. Il faut en remercier l'auteur.

Jean Henri Lambert fut membre de l'Académie de Bavière. L'Académie accueillit le « Diarium » dans ses ABHANDLUNGEN, à la mémoire de son ancien et illustre associé.

**Pierre Duhem**, par ÉMILE PICARD (1). — Le 12 décembre 1921, dans la séance publique annuelle de la Classe des Sciences de l'Institut de France, M. Emile Picard a fait une lecture sur *La vie et l'Œuvre de Pierre Duhem*. Nous ne pourrions mieux clore ce *Bulletin* qu'en signalant à nos lecteurs l'hommage qu'il y a rendu à notre ancien collègue de la Société Scientifique.

« Nos classifications académiques, y disait M. Picard dans l'exorde, aiment à placer les savants dans des cadres bien définis ; celui-ci est géomètre, cet autre physicien, celui-là chimiste. La spécialisation, souvent nécessaire dans les recherches modernes, rend en général utile notre division en sections. Il serait à désirer, cependant, qu'on l'entende parfois d'une manière plus large, en corrigeant ce qu'elle a de trop rigide. Cette réflexion m'est imposée par l'œuvre du confrère éminent qui n'a fait que passer parmi

(1) *Institut de France. Académie des Sciences. La vie et l'Œuvre de Pierre Duhem, membre de l'Institut*, lues dans la séance publique annuelle du 12 décembre 1921, par M. Emile Picard, Secrétaire perpétuel. Paris, Gauthier-Villars, 1921. Une brochure in-4° de 44 pages et un portrait de Duhem hors texte.

nous, Pierre Duhem. Si ce théoricien de la mécanique, de la physique et de la chimie eût habité Paris, trois de nos sections se le seraient peut-être successivement renvoyé, et son cas se fût aggravé de ce qu'il cultivait en même temps l'histoire et la philosophie des sciences. Nous avons heureusement, depuis dix ans, une division de membres non résidents qui n'est pas fractionnée en spécialités. Duhem y a trouvé la place que méritaient la puissance de son esprit et le labeur intense qu'il a fourni dans des voies très diverses pendant une carrière trop tôt interrompue. Je vais essayer de retracer aujourd'hui sa Vie et son Œuvre.

Faut-il dire le talent et l'autorité avec lesquels l'éminent secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences a rempli ce programme ? En Duhem, comme il l'annonce dans son exorde, il étudie successivement le professeur de mécanique, le chimiste, le physicien, l'historien, le philosophe. Sans qu'il s'en explique en termes exprès, il semble bien qu'aux yeux de M. Picard, les fondements de la mécanique soient le plus beau titre de gloire de Duhem. En cela peut-être a-t-il raison, je n'insiste pas, car M. Picard pourrait me reprocher de soulever plutôt là une question oiseuse. Malgré leur diversité apparente, les études de Duhem concourent, en effet, toutes au même but, et comme M. Picard le fait remarquer, non sans insistance, elles ont entre elles des liens nombreux, disons plus : elles ont une unité fort grande. Ces considérations et bien d'autres encore, M. Picard nous les présente en des tableaux clairs, largement dessinés, que n'obscurcissent ni de trop nombreux détails d'érudition, ni de multiples données bibliographiques. L'émotion perce dans le discours. Écoutons-en la péroraison. L'orateur y oublie un peu le savant pour se laisser entraîner par la sympathie que lui inspirait son ami.

« Qu'il me soit permis d'ajouter, dit-il, qu'en Duhem l'homme s'élevait à la hauteur du savant ; tous ceux qui l'ont connu et approché admiraient l'indépendante fierté de son caractère, son inflexible conscience, la bonté et la sûreté de son cœur.

» La facilité de travail de Duhem était prodigieuse. Mémoires scientifiques, articles philosophiques ou historiques, il menait tout de front, comme en se jouant ; les pages

couvertes de sa grande écriture bien connue de ses nombreux correspondants succédaient aux pages, sans ratures, toutes prêtes pour l'impression. Malgré son naturel maladif, notre confrère paraissait vigoureux, et son visage souriant, terminé par une longue barbe, respirait la franchise. Il aimait passionnément la marche et, pour se reposer de ses travaux, consacrait une partie de ses vacances à parcourir, le sac au dos, une région de la France. Il excellait aussi à diriger une embarcation, et on le rencontrait sur la côte bretonne, menant la vie des pêcheurs. Il était heureux de retourner chaque année dans sa maison de Cabrespine. C'est là que la mort le prit, en 1916. Au début de septembre des douleurs violentes firent diagnostiquer une angine de poitrine, dont les premiers symptômes, déjà anciens, avaient été méconnus. Le 14, une crise subite l'enleva en quelques minutes à l'âge de cinquante ans ; il dort de son dernier sommeil dans le cimetière d'un petit village de la Montagne Noire.

» Ainsi disparaissait dans toute la maturité de son talent, un travailleur d'une rare vigueur d'esprit. A une époque d'une spécialisation excessive, la prodigieuse activité de Duhem s'est portée sur les parties les plus variées des sciences physico-mathématiques, et il a été aussi un humaniste et un philosophe. L'harmonie fut profonde chez lui entre l'homme et le savant, que guidait l'un et l'autre une vue systématique des choses ; sa vie si bien ordonnée laisse l'impression d'une admirable unité. La France perd en lui un bon serviteur, l'Académie qui de bonne heure avait rendu justice à son infatigable labeur, un de ses membres qui lui faisaient le plus d'honneur. »

H. Bosmans.

---

## ENTOMOLOGIE

**La Société Entomologique du Brésil.** — Les études d'Histoire Naturelle et en particulier l'Entomologie fleurissant de plus en plus au Brésil, une nouvelle Société vient

d'y être fondée le 2 février 1922, sous le nom de « *Sociedade Entomologica do Brasil* ». L'activité de son premier Président, le Prof. Benedicto Raymundo, à qui l'on doit, croyons-nous, en grande partie cette fondation, et le prestige de plusieurs membres de la dite Société font bien augurer de son avenir. On y voit le Dr Adolpho Lutz, 1er Vice-Président ; Dr Adhémar Costa, 1er secrétaire ; Dr Angelo da Costa Lima, 2me Vice-Président. Déjà des membres honoraires ont été nommés dans divers pays, parmi les hommes de science les plus connus. La devise de la nouvelle Société est : « *In tenui labor, at tenuis non gloria* ».

**Limite de la résistance au froid des chenilles.** — On a fréquemment étudié l'effet des basses températures sur les organismes vivants. Nous allons rendre compte des observations de MM. Portier et Duval, sur les chenilles d'un papillon appelé *Cossus*.

Pendant l'hiver, ces chenilles refroidies bien au-dessous de 0° et durcies par la congélation reviennent à la vie lorsqu'elles sont réchauffées à la température du laboratoire. On a cherché la limite de leur résistance au froid. Des chenilles de *Cossus* congelées dans un mélange de glace et de sel marin et maintenues pendant une heure à une température variant de —15° à —17°, sont rappelées à la vie même lorsque le réchauffement est très brusque (immersion dans l'eau chaude à 40°). Grâce à des dispositifs variés, et en utilisant l'air liquide, on a pu obtenir des températures plus basses et, après divers essais, MM. Portier et Duval sont parvenus à fixer la température mortelle au voisinage de —21°.

Quant au mécanisme de la mort par le froid, il est assez obscur. Une chenille refroidie aux environs de —15° est durcie à tel point qu'on peut la briser comme du verre sans qu'aucune goutte de liquide se montre ; il y a donc congélation complète. Mais en deçà de la température mortelle les auteurs pensent que seuls les liquides intercellulaires se congèlent, le contenu des cellules restant à l'état de solution sous-refroidie ; ainsi resterait possible le retour à la vie.

**Les insectes acéphales et la greffe de la tête chez les insectes.** — Hans Przibram, Directeur de la Station

biologique de Vienne, a fait connaître une méthode opératoire dont les résultats sont réellement surprenants.

Après plusieurs essais pour préciser le rôle que joue l'œil de la chenille dans l'adaptation de la nymphe à la couleur du milieu, M. Przibram eut l'idée d'un procédé radical s'il en fut : il décapite l'insecte. L'opération est des plus simples : on lie la tête à l'aide d'un fil et on la tranche d'un coup de ciseaux. L'essai fut fait sur des chenilles de *Pieris brassicæ*, de *Vanessa Io* et de *V. urticæ* ; l'hémorragie est insignifiante, et non seulement les chenilles décapitées survivent, mais elles se transforment en nymphes.

Des chenilles acéphales donnant des nymphes, fait déjà assez curieux ; mais il y a mieux. Un élève de Przibram, Walter Winkler, tenta avec succès la greffe d'une tête nouvelle. En variant les expériences, il obtint des résultats qui paraîtraient invraisemblables. Il coupe la tête à un insecte et la remplace aussitôt par la tête d'un autre insecte ; le sang qui s'écoule, en faible quantité d'ailleurs après narcose, soude les bords de la plaie et maintient la tête dans une position convenable ; toute suture est superflue. Il a ainsi opéré des *Hydrous piceus*, des *Dytiscus marginalis*, des *Notonecta*, des imagos et larves de *Dixippus morosus*, des larves de *Tenebrio molitor*, des pupes de *Vanessa Io* et *V. urticæ*. Les mouvements, après l'opération, sont désordonnés, comme d'ailleurs chez les insectes que l'on laisse décapités. Les mouvements petit à petit se rétablissent et, un à deux mois après, la tête greffée récupère son pouvoir fonctionnel entier : les insectes marchent, nagent, se nourrissent normalement.

Dans une dernière série d'expériences, Winkler fait des échanges de têtes entre individus appartenant à des espèces différentes, surtout en vue d'étudier le rôle de l'œil dans la pigmentation du corps. Certes, on pourrait arriver au même résultat en transplantant l'œil seul, mais les difficultés opératoires seraient, paraît-il, beaucoup plus considérables que dans la transplantation de la tête entière. Winkler a réussi à faire des échanges réciproques de têtes entre 1° *Hydrous piceus* et *Dytiscus marginalis* ; 2° *Notonecta glauca* et *N. marmorea* ; 3° *Vanessa Io* et *V. urticæ* ; 4° *Dixippus morosus* de diverses races. Dans tous les cas, la nouvelle

tête a une influence manifeste et décisive sur la pigmentation de l'individu porte-greffe. Ainsi le *Dytiscus* présente une raie jaune sur les bords du pronotum et son revêtement chitineux est brun brillant ; mais un *Dytiscus* à tête d'*Hydrous* perd la raie jaune bordante et devient noir et terne comme l'*Hydrous*. Ainsi encore, un *Dixippus* brun, dont la tête a été remplacée par celle d'un *Dixippus* vert, devient vert, et inversement (1).

**Les microlépidoptères de la vigne.** — Nous empruntons à une étude de M. Picard, les données suivantes aussi intéressantes pour l'utilité pratique qu'au point de vue théorique.

Les microlépidoptères les plus nuisibles aux vignobles sont la Pyrale *(Œnophthira pilleriana)*, la Cochylis *(Clysia ambiguella)* et l'Eudémis *(Polychrosis botrana)*.

La Pyrale n'a qu'une génération annuelle, la Cochylis en a deux, l'Eudémis en a trois.

La Pyrale pond des œufs agglomérés sur les feuilles, la Cochylis et l'Eudémis, des œufs isolés sur les grappes.

La Pyrale et la Cochylis volent la nuit, l'Eudémis au crépuscule du soir et à celui du matin ; c'est pourquoi on ne voit pas les papillons dans la journée.

**Les Locustides d'Australie** (Orthopt.) — Le nombre des criquets connus de l'Australie a été augmenté successivement par l'étude de différents auteurs. Fabricius, en 1775, en décrivit deux espèces, qu'il plaça dans le genre *Gryllus*, savoir *Goniæa vocans* et *Gastrimargus musicus*. Actuellement, nous connaissons 361 espèces. Le mérite principal de cette étude appartient au Dr Ingve Sjöstedt, de Stockholm, qui en a décrit, à diverses reprises, 214 espèces. Dernièrement, dans un magnifique mémoire intitulé « *Acridiodea australica* », il présenta la monographie complète des Orthoptères de ce groupe habitant la grande île de la Nouvelle Hollande. En tout il compte 361 espèces, qu'il distribue dans six familles, considérées comme tribus par d'autres auteurs.

(1) ANZEIGER DER WISSENSCHAFT IN WIEN, juillet 1921 et janvier 1922.

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. | Fam. | Tettigidæ | 18 espèces. |
| 2. | » | Eumastacidæ | 2 » |
| 3. | » | Truxalidæ | 37 » |
| 4. | » | Œdipodidæ | 26 » |
| 5. | » | Pyrgomorphidæ | 37 » |
| 6. | » | Acrididæ | 28 » |
| | | | 361 » |

Pour élaborer cette monographie, l'auteur a eu sous les yeux les types décrits par les divers auteurs, ses devanciers, les riches collections d'Orthoptères existant en Suède et les collections apportées récemment d'Australie, par M. Mjöberg (1).

Les clés dichotomiques de toutes les divisions taxonomiques sont en latin, ainsi que les descriptions des formes nouvelles, qui abondent dans cette monographie.

Plusieurs figures intercalées dans le texte et 18 belles planches hors texte en phototypie illustrent l'ouvrage.

**Les Tabanides** (Dipt.) **d'Argentine.** — Les progrès de la Médecine entraînent l'étude des insectes qui ont quelque rapport avec la propagation des maladies. Parmi eux les Tabanides *(taons)* bien connus de tout le monde occupent une place importante. Le nombre des espèces connues jusqu'à ce jour est considérable, environ 1600, distribuées par toute la terre. L'Europe est la région la moins favorisée, heureusement, avec 124 espèces groupées dans 9 genres, dont deux lui sont propres. L'Amérique méridionale occupe la première place, avec plus de 500 (juste 589) espèces, partagées entre 24 genres dont 10 lui sont propres.

M. Jean Brèthes, entomologiste bien connu, a entrepris la revision de tous les Tabanides de la République Argentine et il a fait monter le nombre des espèces à 108 et celui des genres à 18. Plusieurs de ces espèces sont décrites par M. Brèthes; de même un genre, *Silvestriellus*, provenant de la Patagonie. Il les distribue en trois tribus : Pangonini, Chrysopsini, Tabanini, la dernière la plus nombreuse de beaucoup ; à lui seul le genre *Tabanus* L. ne compte pas moins de 59 espèces en Argentine. En même temps, l'auteur donne

(1) *Acridiodea Australica*, von Ingve Sjöstedt. Stockholm, 1921.

quelques indications sur la biologie de ces insectes, la manière de les capturer, le rapport des genres entre eux, etc.(1).

**Les Chironomides** (Dipt.) **de l'Afrique équatoriale.** — Une importante contribution pour la connaissance de ces insectes est due à M. l'abbé Kieffer. Les échantillons proviennent des chasses faites par M. Hesselberger, au Soudan, dans plusieurs localités situées près du Nil Blanc, savoir : Sud de Khartoum, Shambe, Mongola, Wad et Zaki et Shabasha Shary ; les autres au Cameroun, à Kribi, ville située sur le fleuve qui porte le même nom ; d'autres enfin proviennent du Congo belge. La chasse a été faite la nuit, à la lumière ; les insectes capturés furent conservés et expédiés dans l'alcool.

L'examen a fourni un grand nombre de découvertes. La première sous-famille des Ceratopoginæ contient deux genres nouveaux et 25 espèces nouvelles, la 2me des Chironominæ renferme 27 genres nouveaux et 139 espèces nouvelles, la 3me n'a qu'un genre nouveau et 18 espèces nouvelles.

**Les Odonates du Chili.** — La faune du Chili étant très diverse et très riche, on pouvait soupçonner que les Odonates y abondaient aussi, mais il semble qu'ils fassent exception.

Malgré les explorations de plusieurs naturalistes, dernièrement du Prof. Charles E. Porter et de ses correspondants et du R. P. Félix Jaffeul, SS. CC., et tout récemment encore de M. René Martin, grand odonatologiste français, qui chasse activement à Valparaiso et jusqu'à la Cordillère, le nombre d'espèces est assez restreint, 35 ou 36 en tout.

Cela est assez étonnant, la faune néotropicale des Odonates étant la plus riche du globe, avec environ 600 espèces.

Des 36 espèces connues au Chili, 11 appartiennent à la famille des Libellulides, 17 à celle des Esnides et 8 à celle des Agrionides. Ce nombre est inférieur à celui de la plupart des pays d'Europe, même petits, par exemple la Suisse, la Belgique, etc.

En revanche, nous trouvons 15 espèces propres exclusive-

(1) *Los Tabánidos del Plata*, ESTUDIOS. Tome XXI, Buenos-Aires, 1921.

ment au Chili, dont *Gomphomacromia chilensis* Martin, décrite tout récemment.

M. Martin ne croit pas que le nombre total des Odonates du Chili puisse s'accroître de beaucoup, malgré l'extension énorme du Chili et la diversité des latitudes et des climats.

**Les Plécoptères du Japon.** — Nos connaissances sur l'entomologie du Japon ont progressé notablement ces dernières années en ce qui concerne les Perles *(Plecoptera)*, grâce surtout aux investigations assidues de M. Okamoto. Déjà en 1912, il avait présenté un beau travail sur les espèces du sous-ordre *Subulipalpia* ; à présent, il nous offre ses recherches sur l'autre sous-ordre des *Filipalpia*. On connaissait de ce groupe 9 espèces habitant le Japon ; ce nombre a été élevé à 37, dont 27 sont nouvelles pour la science, et en outre 3 nouveaux genres. Il les distribue toutes en quatre familles : Ptéronarcides, Gripoptérygides, Ténioptérygides et Nemurides (1).

**Les Trichoptères de France.** — La France, par sa position, est très privilégiée au point de vue entomologique ; ainsi l'affirme M. Lacroix, qui a publié un catalogue complet des Trichoptères de France, connus jusqu'à ce jour. La liste comprend non moins de 225 espèces, ce qui élève probablement la France au rang de la troisième nation d'Europe quant au nombre des insectes. Il est vrai que M. Lacroix inclut dans son catalogue quelques espèces, par exemple *Tinodes aureola* Zett., non signalées en France jusqu'à présent ; mais il n'y a aucun doute qu'elles n'appartiennent à la faune du pays ; celle que nous avons citée ayant été capturée dans la vallée de l'Aran, au versant septentrional des Pyrénées.

C'est à M. Lacroix qu'on doit principalement cet accroissement du nombre des espèces des Trichoptères français. Il a en effet doublé ce nombre ces dernières années. Mais bien des régions de la France restent encore à explorer : le massif central, les Vosges et le Nord n'ont certainement pas révélé

(1) *Zweiter Beitrag zur Kenntnis der Japanischen Plecopteren.* BULLETIN OF THE AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION OF CHOSEN. Suigen, Corea, 1922.

toutes leurs richesses. Les Pyrénées pourraient été fouillées avec profit, ainsi que les Alpes et la région des Ardennes. Certaines contrées méridionales pourraient encore livrer des sujets intéressants. Attendons ces découvertes de M. Lacroix et de ses correspondants.

**Les cochenilles d'Italie** (Hémipt. Homopt.) — Ces insectes à femelles aptères essentiellement parasites des plantes, dont elles sucent continuellement les liqueurs nutritives, ont fait l'objet d'études très soignées et très prolongées dans plusieurs pays promoteurs de l'agriculture, tels les États-Unis en Amérique et l'Italie en Europe.

On vient de publier une monographie des cochenilles trouvées en Italie jusqu'à ce jour. C'est une œuvre posthume de M. Leonardi, de l'École supérieure d'Agriculture de Portici, publiée par le Prof. Silvestri. On compte 115 espèces, distribuées en plusieurs sous-familles et genres.

Les descriptions des diverses formes sont détaillées, la synonymie est complète, les figures représentent tantôt tout l'insecte ou ses diverses formes, tantôt l'un ou l'autre membre ou organe. On signale les parasites de ces cochenilles et les moyens employés pour les détruire ou du moins pour arrêter leurs ravages (1).

**Le Nomenclator Coleopterologicus.** — Une deuxième édition de cet ouvrage de M. Sigm. Schenkling jadis épuisé, a paru à Iéna (2). La partie principale de l'ouvrage est divisée en deux sections : noms génériques et sous-génériques (pp. 13-116); espèces et leurs variétés (pp. 111-245), les deux par ordre alphabétique des noms.

On y trouve en outre un aperçu de la nomenclature entomologique (pp. 1-12), la traduction allemande de plusieurs noms techniques et un petit lexique de mots latins, les plus employés dans les descriptions, qui permettrait à quiconque ignore même complètement les langues classiques de com-

(1) Gustavo Leonardi, *Monografia delle cocciniglie Italiane*. Portici, 1920.

(2) *Nomenclator Coleopterologicus*, Gustave Fischer, Iéna, 1922, in-8° de IV+255 pages.

prendre les diagnoses latines. Un grand nombre de noms géographiques y sont indiqués qui manquent même dans les plus gros dictionnaires classiques.

Les mots sont accompagnés de leurs étymologie et signification, et imprimés avec les accents prosodiques, par exemple, *Carabus*, κάραβος (*Kárabos*), nom grec d'un coléoptère.

Quoique ce *Nomenclator* soit restreint aux Coléoptères de l'Allemagne, comme l'indique le sous-titre, il sera utile aussi dans les autres pays d'Europe, plusieurs espèces ayant une aire géographique très étendue.

Dans la partie philologique le Dr Schenkling a été aidé par le Prof. Richard Schmidt, de l'Université de Munster en Westphalie.

**Nécrologie.** — M. Louis Bedel est décédé à Paris, à l'âge de 72 ans. Membre honoraire de la Société Entomologique de France depuis 1905, il avait été nommé tout récemment au même titre par la nouvelle Société Entomologique du Brésil.

A plusieurs reprises, il avait parcouru les régions les plus intéressantes de la France, l'Espagne, l'Algérie, ajoutant sans relâche de nouvelles richesses à sa collection. L'étude des Coléoptères fut sa spécialité. En 1869, avant même d'avoir accompli sa vingtième année, il publiait dans l'Abeille une monographie des Erotyliens d'Europe, du Nord de l'Afrique, et de l'Asie Occidentale, qui de nos jours fait encore autorité pour l'étude de cette famille. Depuis, il a publié un grand nombre de travaux, qui tous se distinguent par la méthode, le souci constant de précision rigoureuse et de clarté parfaite.

M. W. E. Distant, bien connu pour ses études sur les Lépidoptères et les Hémiptères, est mort, à Wanstead, en Angleterre, le 4 février. Depuis avril 1899 jusqu'en novembre 1920, assistant au Musée d'Histoire Naturelle de Londres, il y arrangea la collection d'Hémiptères et décrivit un grand nombre d'espèces. Sa propre collection, contenant environ 50.000 échantillons (surtout d'Hémiptères) et plus de 25.000 types, fut incorporée au Musée de Londres en 1911.

Le 3 mai mourut à Harrow Weald, M. Henri Rowland-Brown, un des entomologistes les plus renommés d'Angle-

terre, secrétaire de la Société Entomologique de Londres. Son étude spéciale fut consacrée aux Lépidoptères diurnes de France. Plusieurs de ses publications se trouvent dans celles d'Oberthür. Il légua ses livres à la Société Entomologique de Londres et à l'Université d'Oxford et sa collection au Musée Hope de cette Université.

LONGIN NAVAS, S. J.

---

## SCIENCES TECHNIQUES

**Le salon de l'automobile de Paris.** (Du 4 au 15 octobre 1922) (1).

La situation étant peu favorable à l'application de procédés nouveaux que l'expérience n'aurait pas suffisamment sanctionnés, on n'en trouve guère au salon de 1922, à part çà et là quelques timides essais sans grande importance. Les circonstances économiques et les modalités de l'imposition des véhicules à moteur en France, ont nettement orienté les constructeurs vers la voiture légère de plus en plus demandée par la clientèle. Les meilleures firmes sont entrées dans cette voie et présentent des voiturettes très bien conçues, véritables réductions des modèles qui ont fait leur renommée. Les cyclecars prennent également beaucoup de développement.

Au point de vue des tendances techniques générales, on remarque l'emploi de plus en plus fréquent des hautes compressions, des pistons en alliage léger d'aliminium et des soupapes placées au fond des cylindres de manière à réaliser un rendement thermique élevé avec de grandes vitesses de rotation, pour retirer du moteur le maximum de puissance. Le type sans soupape gagne, d'autre part, de plus en plus de terrain. L'examen des voitures exposées montre également que l'embrayage à disque unique, type *de Dion-Bouton*, le joint rotulaire pour recevoir la poussée du pont arrière et la denture spirale Gleason pour les couples coniques sont de plus en plus en faveur. L'augmentation de la vitesse

(1) LE GÉNIE CIVIL, 21 oct. et 4 nov. 1922 ; LA VIE AUTOMOBILE, 10 oct. et 17 oct. 1922.

moyenne a conduit à généraliser l'emploi du frein sur les roues avant.

Quant aux poids lourds, l'exposition marque une accentuation de la tendance à utiliser la force du moteur pour le chargement et le déchargement des camions en provoquant mécaniquement le basculement de la caisse.

Nous examinerons rapidement les principales caractéristiques des véhicules exposés.

A. *Cyclecars* — On classe sous cette rubrique les véhicules automobiles à deux places au plus, dont le moteur possède une cylindrée maximum de 1100 centimètres cubes et dont le poids total, carrosserie comprise, n'excède pas 350 kilos.

En général, leur moteur comporte quatre cylindres et la boîte de vitesse forme bloc avec lui. On supprime souvent le différentiel dans le but de simplifier et d'alléger l'essieu arrière. Pour des véhicules légers cet organe est d'ailleurs inutile. Certains constructeurs font le refroidissement du moteur par air forcé au moyen d'un puissant ventilateur, système qui est largement employé aux États-Unis. Il présente comme avantages l'économie de construction et la réduction du poids du châssis par suite de la suppression du radiateur et de l'eau de circulation.

Les voiturettes se rapprochent beaucoup des cyclecars, leur différence essentielle résidant dans le poids qui dépasse 350 kilos et le nombre de places qui peut être porté à trois ou à quatre.

La voiturette *Citroën* de 5 HP. présente de grandes analogies avec le châssis 10 HP. bien connu du même constructeur. Le moteur est à quatre cylindres de 55 millimètres de diamètre et 50 millimètres de course. La transmission comporte un arbre à cardan à un seul joint du type flexible commandant l'essieu arrière par un différentiel.

La firme *Renault* présente cette année une voiturette 6 HP. qui, comme tous les châssis de cette marque, porte le radiateur à l'arrière du moteur, avec circulation par thermosiphon. La boîte de vitesse permettant trois allures différentes en marche avant et une en marche arrière est disposée vers le centre du châssis.

B. *Voitures.* — Quand on arrive à une puissance de 10 à 12 chevaux, on a la catégorie des voitures légères dont tous

les constructeurs à peu près présentent un modèle. Ordinairement le bloc moteur comporte également l'embrayage et la boite de vitesse et est suspendu en trois points pour le soustraire aux effets de déformation du châssis. Ce dernier se fait presque toujours en embouti ; la société *Lancia* sortant des chemins battus en expose un d'un type tout à fait inédit. Il est formé d'une carcasse en tôle mince emboutie dont les flancs jouent le rôle de longerons et qui dans l'ensemble constitue l'ossature d'une carrosserie torpédo à quatre places. Il suffit d'y appliquer des panneaux de tôle légers et d'adapter des portières dans des échancrures ménagées à cette fin pour que la voiture soit complètement terminée.

La transmission à l'essieu arrière se fait toujours par un arbre à joint de cardan qui actionne le différentiel. Tous les véhicules exposés comportent l'éclairage et le démarrage électriques.

Pour les voitures de grand tourisme on abandonne les huit cylindres pour revenir aux six cylindres qui présentent un rendement au moins égal, un équilibrage meilleur et une simplicité plus grande.

Parmi les accessoires, à signaler comme nouveauté le dernier type d'exhausteur *Weymann* permettant d'avoir une bonne alimentation d'essence même aux faibles dépressions, résultat obtenu en adjoignant à l'appareil une nourrice d'une capacité de quelques litres qui se remplit lors d'un étranglement des gaz.

En ce qui concerne les carburateurs, l'appareil *Bergul*, dû à la collaboration de MM. *Berthelot* et *Guilbaud*, réalise d'une manière remarquable l'automaticité absolue. On sait qu'en l'absence de dispositifs correcteurs, la composition du mélange d'essence et d'air varie suivant le régime du moteur et qu'aux grandes vitesses le mélange est trop riche. Dans l'appareil cité cet inconvénient est éliminé par la présence d'un petit canal ménagé dans l'axe du gicleur en communication directe avec l'atmosphère, de manière qu'il est possible d'augmenter au besoin la proportion d'air de façon à maintenir invariable à tous les régimes la composition du mélange.

C. *Véhicules industriels.* — Les camionnettes qui peuvent porter jusque 1500 kilos de charge utile sont toutes munies

de transmission à cardan, parfois avec démultiplication. Pour les camions de charge plus grande, on constate la disparition progressive de la chaîne.

En général, le bloc moteur réunit par un carter rigide le moteur, l'appareillage électrique, l'embrayage, la boîte de vitesse, le frein sur différentiel ainsi que les pédales et leviers de manœuvre. Le graissage se fait sous pression par pompe. Bien que les moteurs tournent à des vitesses moindres que ceux des voitures de tourisme, on est cependant forcé, en général, d'employer une démultiplication par vis sans fin, placée avant le différentiel. Ordinairement le changement de vitesse fournit quatre combinaisons permettant d'imprimer à la voiture une allure de 8, 13, 23 ou 40 kilomètres à l'heure. En marche arrière on se contente toujours d'une seule vitesse d'à peu près 6 kilomètres.

**Les caractéristiques actuelles des moteurs d'aviation** (1).

On exige du moteur d'aviation de nombreuses qualités dont deux sont essentielles et malheureusement contradictoires : la légèreté et la sécurité de fonctionnement. Elles sont réclamées de manière égale par les aviations civile et militaire, qui, sans employer des types de moteurs très différents, n'utilisent cependant pas exactement les mêmes genres de construction. Ce qui les différencie principalement à l'heure actuelle, c'est l'emploi du réducteur de vitesse pour l'aviation civile et l'adaptation aux hautes altitudes, exigée des modèles militaires.

Quand, après l'armistice, on se préoccupa de l'aviation de transport, on estima la démultiplication indispensable pour augmenter les vitesses de régime sans nuire au rendement de l'hélice. De par ce fait, la plupart des nouveaux moteurs ont été étudiés avec un réducteur comportant soit des roues dentées droites, soit des pignons satellites. Le moteur *Renault* de 400 HP, le *Panhard* de 330 HP, le *Darracq Coatalen* de 450 HP, etc., correspondent au premier genre. La firme *Rolls-Royce*, la première, a fait usage de réducteurs à satellites ; *Farman*, *Renault* et d'autres ont suivi son exemple.

(1) La Revue Générale de l'Aéronautique, 1922, n° 1.

L'avantage du réducteur est d'augmenter le rendement de l'hélice et de diminuer sa fatigue par suite de l'abaissement de la vitesse périphérique. Par contre, il présente de multiples inconvénients : augmentation du poids, perte de rendement mécanique dans la transmission, risque de détérioration des engrenages, prix de revient élevé, etc.

On peut supposer que le réducteur disparaîtra de l'aviation de transport à mesure que la vitesse des appareils croîtra, à moins qu'on ne s'oriente vers des moteurs à régime très rapide, de l'ordre de 3000 tours par minute, comme en automobile.

On ne peut pas dire que la présence d'un réducteur est une caractéristique bien nette d'un moteur d'aviation civile, car, pendant la guerre, il en a été fait usage sur des avions de chasse. Par contre, la marche aux hautes altitudes est tout à fait spéciale aux moteurs des appareils militaires et ils doivent présenter des dispositifs destinés à corriger la perte de puissance qui en résulte. Ce résultat est atteint soit par la suralimentation, soit par la sous-alimentation du moteur.

Suralimenter, c'est comprimer l'air servant à former le mélange explosif de manière à lui conserver à toute altitude la pression au niveau du sol. On emploie dans ce but des compresseurs rotatifs. En France, on fait surtout usage du groupe *Rateau* formé d'un compresseur à un seul étage rigidement couplé avec une petite turbine de *Laval*, actionnée par les gaz d'échappement du moteur, et faisant de 20.000 à 30.000 tours par minute. En Allemagne, on utilise des compresseurs à trois ou quatre étages tournant au maximum à 10.000 tours par minute et commandés mécaniquement par le moteur. Sur certains avions géants pourvus de quatre moteurs d'une puissance totale de 1000 chevaux on a même monté un moteur spécial de 120 chevaux destiné uniquement à actionner les compresseurs d'air. Toutefois, les appareils construits jusqu'à présent ne permettent pas de maintenir l'alimentation à la pression du sol au delà de 4000 mètres d'altitude.

La solution de la sous-alimentation consiste à étudier le moteur comme s'il devait normalement fonctionner à une certaine altitude déterminée et à réduire alors son admission

quand il se trouve à un niveau inférieur. Elle est moins employée que la précédente.

Les cylindres des moteurs d'aviation peuvent être disposés en ligne droite, en V ou en étoile.

La construction en ligne droite est simple, robuste mais lourde. Au point de vue de l'équilibrage des forces d'inertie, les meilleurs résultats sont obtenus avec six cylindres. On est cependant allé jusqu'à huit cylindres, mais on n'a pas dépassé ce chiffre. De nombreux constructeurs allemands ont adopté cette disposition qui, par contre, n'est guère suivie en France. On y préfère l'arrangement des cylindres en V qui paraît supérieur et auquel commencent même à se rallier quelques firmes allemandes. Il donne un allégement considérable par rapport au montage en ligne droite et permet de doubler le nombre des cylindres sans complication excessive. Pour obtenir une bonne régularité de marche, l'angle du V doit être de 90 degrés pour les moteurs à huit cylindres, et de 60 degrés pour ceux de douze cylindres.

On cherche actuellement à perfectionner cette construction et à augmenter la puissance en disposant les cylindres sur trois lignes faisant entre elles un angle de 60 degrés quand elles comportent quatre ou huit cylindres et de 40 degrés quand elles en comportent six, de manière à réaliser une grande régularité du couple.

La disposition en étoile est classique pour les moteurs fixes ou rotatifs à refroidissement par l'air. Le moteur rotatif est de conception et de construction essentiellement françaises ; les marques les plus connues sont : le *Gnome*, le *Rhône*, le *Clerget*, etc. Son inconvénient est de ne pas se prêter à la réalisation d'unité puissante, son fonctionnement laissant à désirer au delà de 150 chevaux. Or, le problème principal posé jusqu'ici est précisément l'augmentation continue de la puissance et tous les efforts se sont employés à vaincre les difficultés qu'il a suscitées. Au début de la guerre on ne songeait pas à dépasser cent chevaux. Actuellement on a en service des moteurs de plus de quatre cents chevaux qui donnent entière satisfaction, et tout fait prévoir que cette puissance sera dépassée encore.

Le poids des moteurs varie actuellement, suivant les modèles et les constructeurs, de 0,9 à 1,8 kilo par cheval.

La consommation horaire de combustible et d'huile est en moyenne de 250 grammes pour les moteurs fixes à refroidissement par eau et de 350 grammes pour les rotatifs. Il serait dangereux de tirer de ces chiffres des conclusions prématurées, car le seul point intéressant à connaître dans la pratique, c'est le poids total du groupe moto-propulseur complet comprenant, outre le moteur, l'hélice et son moyeu, le radiateur, l'eau de refroidissement, le carburateur, le compresseur, l'huile, etc.

**Les voitures automotrices de chemins de fer à moteur Diesel** (1).

Dans les pays où le trafic par chemins de fer n'est pas très intense, il y a avantage à utiliser des voitures automotrices au lieu de trains complets remorqués par une locomotive, afin de pouvoir économiquement assurer un service de fréquence suffisante sur des lignes peu chargées. Ce cas se rencontre en Suède, où, depuis plusieurs années, on utilise des automotrices comportant un moteur Diesel directement couplé avec une dynamo à courant continu qui alimente deux moteurs électriques montés sur les essieux

Le moteur Diesel employé fonctionne à quatre temps et suivant la puissance, qui d'après le type de voiture est de 75, 120, 160 ou 250 chevaux, il comporte quatre, six, huit ou douze cylindres.

La voiture de 75 chevaux est le plus répandue ; elle comprend, outre la salle des machines, un fourgon à bagages, deux compartiments de troisième classe avec chacun 21 places et de seconde classe pour dix voyageurs. En hiver, toute la voiture est chauffée par l'eau de circulation du moteur.

Dans les automotrices de plus grande puissance il n'y a, outre la salle des machines, qu'un fourgon à bagages. Les voyageurs prennent place dans des voitures remorquées. Il y a toujours deux cabines de manœuvre, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière, de façon qu'on ne doit jamais tourner le wagon quand il change de direction.

La dynamo génératrice du type shunt, présente huit

(1) Electric Railway Journal, 5 août 1922.

pôles principaux et est munie de pôles de commutation. Un circuit inducteur série supplémentaire n'intervient que pendant la période de démarrage du groupe qui se fait en faisant fonctionner la dynamo comme moteur. Le courant est fourni par une batterie d'accumulateurs alcalins *Jungner* servant à alimenter les services auxiliaires d'éclairage et de commande automatiques et qui est chargée en marche normale. Le conducteur de la voiture n'a à manipuler qu'un controller très simple, analogue à celui d'un tramway. Sur le premier plot il démarre le moteur Diesel, puis successivement connecte les moteurs électriques sur le circuit de la dynamo par l'intermédiaire de résistances qu'il retire progressivement. Le réglage de la vitesse se fait par le procédé habituel série-parallèle.

Comparée avec la traction à vapeur, l'automotrice Diesel montre une notable économie en frais d'exploitation et en salaires, un seul homme suffisant pour la conduire.

Normalement les voitures sont revisées après avoir parcouru environ 65.000 kilomètres, mais on peut aller sans inconvénient jusque 100.000 km. On estime à 15 ans la durée de l'équipement électrique et mécanique et à 25 ans celle de la voiture elle-même.

**Un chemin de fer électrique à courant continu à 4000 volts** (1).

Le chemin de fer qui relie la ville de Turin au village de Cérès situé à une altitude de 700 mètres au-dessus du niveau de la mer présente 42,8 kilomètres de longueur. Le mouvement des voyageurs et des marchandises y est très intense et il comporte des rampes assez accentuées comme il résulte du tableau ci-dessous.

Section Turin-Cirié. Longueur : 20,2 kilom. Rampe moyenne 8,3 millimètres par mètre.

Section Cirié-Lanzo. Longueur 10,9 km. Rampe moyenne 12,7 millim. par mètre.

Section Lanzo-Pessinetto. Longueur 8,8 km. Rampe moyenne 19 millim. par mètre.

(1) Revista dei trasporti, janv. 1922.

Section Pessinetto-Cérès. Longueur 2,9 kilom. Rampe moyenne 35,0 millim. par mètre.

L'électrification de cette ligne était donc tout indiquée et, sans la guerre, c'eût été chose faite depuis longtemps. Commencés immédiatement après l'armistice, les travaux furent activement poussés et se trouvaient terminés en octobre 1920.

Parmi les différentes solutions possibles pour l'électrification, on s'est rallié à celle qui prévoyait l'emploi du courant continu à la tension élevée de 4000 volts, qui a été employée pour la toute première fois dans cette installation. On a choisi ce voltage pour ne devoir installer qu'une seule sous-station d'alimentation pour toute la ligne sans dépasser les limites normales pour la chute de tension.

L'installation exécutée entièrement par la filiale italienne des Établissements suisses *Brown Boveri* à Milan, a été faite sur le principe de la plus stricte économie. L'énergie est fournie par la Société anonyme d'Électricité de la Haute Italie sous forme de courant triphasé à 22.000 volts, 50 périodes. Elle est transformée en courant continu dans une sous-station établie à Cirié à peu près au milieu de la ligne. On y a installé deux transformateurs triphasés à bain d'huile, de 800 kilowatts chacun, qui abaissent la tension alternative à 500 volts sous laquelle se fait l'alimentation du groupe convertisseur. Ce dernier est constitué par un ensemble de cinq machines montées sur un même arbre qui tourne à la vitesse de 1000 tours par minute. Au milieu, est disposé le moteur synchrone triphasé qui entraîne tout l'ensemble ; de part et d'autre, se trouvent les dynamos génératrices à courant continu à 2000 volts montées en série et aux extrémités, d'une part l'excitatrice du moteur, d'autre part une excitatrice pour les deux génératrices.

Le moteur synchrone capable de développer une puissance de 716 kilowatts en service continu, démarre en asynchrone sous la tension réduite de 250 volts pour laquelle une borne spéciale est prévue aux transformateurs. Dès que la vitesse normale de synchronisme est atteinte, on l'insère sur la tension normale de 500 volts.

Les deux dynamos génératrices accouplées en série sont susceptibles de développer chacune une puissance de 325 kilo-

watts à la tension de 2000 volts. Elles comprennent quatre pôles principaux et quatre pôles de commutation. Leur excitatrice pourvue d'un régulateur automatique Brown-Boveri développe une tension constante de 50 volts. Actuellement la sous-station comporte deux groupes convertisseurs identiques ayant chacun leur transformateur statique. Tout a été prévu pour en installer un troisième dans la suite en cas de besoin.

Des interrupteurs à maximum ont dû être étudiés spécialement pour cette installation, un tel appareillage n'ayant jamais été réalisé auparavant pour une tension aussi élevée en courant continu. Ils sont caractérisés par l'interruption multiple et successive du circuit avec insertion graduelle de résistances de façon à réduire l'arc qui se formerait à l'ouverture de l'interrupteur proprement dit. Ces appareils se présentent sous l'aspect de grandes boîtes cylindriques plates renfermant chacune un contact à cornes en aluminium qu'un arbre à cames ouvre en intercalant en même temps dans le circuit une résistance ohmique convenablement calculée. L'interrupteur est ainsi formé d'une série de boîtes commandées toutes par le même arbre à cames.

La ligne de contact directement raccordée aux barres de distribution à 4000 volts est en cuivre et présente une section uniforme de 50 millimètres carrés. Dans le tronçon Cirié-Lanzo on a installé un feeder de section identique pour compenser la chute de tension dans le parcours Lanzo-Cérès à très forte rampe.

La ligne du type caténaire simple avec câble porteur et pendules en acier, est suspendue sur des poteaux en bois espacés de 50 mètres en alignement droit et de 35 mètres dans les courbes.

Les locomotives au nombre de cinq sont montées sur bogies ; leur poids est de 42 tonnes et elles sont à adhérence totale. Sur chacun des quatre essieux est disposé un moteur d'une puissance de 140 chevaux. Ils sont normalement couplés par deux en série et fonctionnent avec une tension aux bornes de 1800 à 2000 volts. La transmission du mouvement aux roues se fait par engrenages cylindriques au rapport de réduction de 1 : 3, 95. La locomotive est pourvue de deux prises de courant à pantographe avec archet frotteur en

aluminium lubrifié à l'aide de graisse contenue dans deux cannelures.

La caisse de la locomotive comporte à chaque extrémité un poste de commande pour le mécanicien, un compartiment à bagages, un couloir de service et une cabine renfermant les appareils à haute tension dont l'unique porte est automatiquement bloquée aussi longtemps que les pantographes sont relevés. On y trouve un combinateur, sorte de controller permettant de réaliser différentes vitesses par le montage série-parallèle des moteurs ainsi que leur freinage électrique, un interrupteur à maximum et un groupe convertisseur de 23 chevaux donnant le courant à 110 volts pour les services auxiliaires de commande automatique de l'appareillage, l'éclairage et le chauffage du train. Outre les douze vitesses de marche réalisables avec le combinateur, une treizième plus élevée peut encore être obtenue grâce à un dispositif d'affaiblissement du champ inducteur commandé par un interrupteur spécial.

La locomotive est à même de développer un effort de traction à la jante de 4650 kilos.

Les trains de voyageurs présentent un poids total de 150 tonnes environ sur la section Turin-Lanzo et de 85 tonnes sur celle de Lanzo à Cérès ; ils y atteignent des vitesses respectives de 65 et 45 kilomètres à l'heure. Les trains de marchandises à marche plus lente ont un poids total de 250 tonnes sur la première section et de 110 tonnes sur la seconde, de manière à ne jamais donner lieu à une chute de tension dépassant 15 % aux points extrêmes de la ligne. Les voitures à voyageurs montées sur bogies ont un poids total de 29 tonnes. Elles comportent un système d'éclairage électrique indépendant, type Brown-Boveri.

Les résultats des quinze premiers mois d'exploitation permettent dès à présent d'affirmer que l'emploi du courant continu à haute tension donne pleine et entière satisfaction. Ses avantages reconnus sont l'économie d'établissement et d'exploitation, la sûreté de fonctionnement des appareils, la simplicité et la légèreté de la ligne aérienne, la suppression complète d'effets perturbateurs sur les lignes télégraphiques et téléphoniques et l'adaptabilité merveilleuse du moteur à courant continu aux exigences de la traction. Aussi, il

ne peut y avoir de doute que dans un prochain avenir on ne voie se multiplier les électrifications de chemin de fer en courant continu à haute tension.

**Les moteurs semi-Diesel. — État actuel de leur construction et de leur emploi** (1).

Les moteurs semi-Diesel sont actuellement à l'ordre du jour. Au récent Congrès des combustibles liquides tenu en octobre dernier à Paris, il en a été longuement question. Il nous a donc paru intéressant de résumer ci-après leurs principales caractéristiques.

On distingue actuellement trois types différents de machines dans lesquelles la transformation de la puissance calorifique du combustible en énergie mécanique se fait directement dans le cylindre. Ce sont les moteurs à explosion, ceux à combustion dus à l'ingénieur Diesel, et qui portent son nom, et enfin, derniers venus, les semi-Diesel, qui participent à la fois des deux premiers genres. Dans les moteurs de la première catégorie on provoque au moyen de l'étincelle électrique l'explosion d'air carburé ou d'un mélange d'air et de gaz préalablement comprimé. Avec le système Diesel, au contraire, il n'y a pas explosion mais simplement combustion sous pression sensiblement constante d'un combustible non volatil introduit dans de l'air fortement comprimé et par conséquent porté à une température assez élevée et suffisante pour provoquer une inflammation spontanée. Pour le semi-Diesel, il est également fait usage de combustible liquide non volatil, mais, la compression de l'air y étant notablement plus faible, sa température est insuffisante pour produire l'inflammation qui doit être réalisée par un dispositif spécial. Ce type de moteur a été créé pour utiliser le pétrole brut et d'autres types d'huiles lourdes, peu ou pas volatils, moins coûteux et moins dangereux que l'essence employée dans les moteurs à explosion, tout en permettant, par l'emploi d'une compression moins élevée que dans le Diesel, de construire la machine beaucoup plus économiquement.

En principe, le moteur semi-Diesel se présente de la manière

(1) Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, n° 5, 1922.

suivante : Le cylindre est le plus souvent vertical ; le piston est relié par l'intermédiaire d'une tige articulée jouant en même temps le rôle de bielle, à un vilebrequin qui tourne dans un carter étanche. A la partie supérieure du cylindre est adaptée une boule de forme sensiblement sphérique dans laquelle se fait l'injection sous pression du combustible finement pulvérisé. Au moment de la mise en marche on la chauffe au moyen d'une lampe, de façon à l'amener au rouge. Au contact de cette surface incandescente le combustible s'enflamme et en brûlant il la maintient à une température suffisamment élevée. Ordinairement les moteurs semi-Diesel fonctionnent suivant le cycle à deux temps. Le piston étant à fond de course à la partie supérieure du cylindre, le mélange de combustible et d'air comprimé s'enflamme puis se détend en chassant le piston vers le bas. Un peu avant d'arriver à fond de course, celui-ci démasque l'orifice d'échappement percé dans la paroi du cylindre et les gaz brûlés quittent ce dernier. Peu de temps après, une arrivée d'air comprimé balaye d'abord les dernières traces de gaz restés dans le cylindre. En remontant le piston ferme l'ouverture d'échappement et comprime davantage l'air qui est emprisonné dans le cylindre. Un peu avant la fin de la course ascendante, le combustible est injecté dans la chambre de combustion sous forme pulvérisée ; il s'y vaporise et forme avec l'air un mélange comburant qui explose légèrement quand le degré de compression est suffisant. Le piston redescend alors et le même cycle recommence. Pendant la course ascendante du piston, celui-ci crée une dépression dans le carter étanche du moteur et l'air extérieur y est à ce moment aspiré par une soupape automatique. Il est ensuite comprimé à une pression d'environ 200 grammes par centimètre carré pendant la période de détente et admis alors dans le cylindre vers la fin de l'échappement.

La compression de l'air au moment de l'injection du combustible ne dépasse pas 12 kilos par centimètre carré et généralement est comprise entre 5 et 10 kilos. La pression maximum de combustion atteint 25 kilos par centimètre carré environ. Ces valeurs sont notablement inférieures à celles que l'on a dans le moteur Diesel dont la construction pour cette raison doit être beaucoup plus soignée et partant

est très coûteuse. Cependant, le rendement d'ensemble du moteur semi-Diesel n'est pratiquement que de dix pour cent seulement inférieur à celui du moteur Diesel qui, comme on le sait, est la meilleure de toutes les machines thermiques.

Dans le moteur Diesel l'injection du combustible se fait par une aiguille pulvérisatrice, organe très délicat toujours construit avec des aciers spéciaux. Avec le moteur semi-Diesel, on a simplement une sorte de soupape appuyée sur son siège par un ressort et la pression des gaz dans le cylindre. Une pompe généralement en bronze avec piston plongeur en acier permet de vaincre au moment convenable la résistance du ressort et de faire pénétrer sous pression une certaine quantité d'huile dans la chambre de combustion par l'intermédiaire d'un injecteur qui la réduit en poussière. Le réglage de la quantité de combustible injecté se fait par la variation de la longueur de la course du piston qui est placée sous la dépendance du régulateur.

Il est absolument indispensable que l'injection soit aussi rapide que possible et que le pulvérisateur ne forme pas de gouttes. Toute l'huile admise dans le cylindre doit, en effet, se trouver dans la chambre de combustion sous une forme extrêmement divisée avant que les premières particules viennent en contact avec la boule d'allumage. La fraction de tour correspondant à la période d'injection est comprise entre 30 degrés pour la pleine charge et 15 degrés pour la demi-charge et au-dessous. On fait donc commencer l'admission d'autant plus tard que la charge est faible, de façon à toujours la terminer au point mort. La boule d'allumage ayant à supporter la pression maximum de l'explosion doit être en un métal dont la résistance conserve une valeur élevée à haute température. On la fait ordinairement en acier spécial Nickel-Chrome dont la résistance à 700 degrés est encore de 20 kilos par millimètre carré, et on lui donne, autant que possible, une forme d'égale résistance. Il est indispensable de maintenir sa température entre des limites assez étroites. Si elle est trop chaude, des allumages anticipés sont à craindre, défaut qui se rencontre principalement dans les moteurs à forte compression, 10 kilos par centimètre carré et plus. Si elle est trop froide. la combustion est incomplète, il reste de l'huile non brûlée dans le cylindre qui peut donner

lieu à des explosions intempestives. Cet inconvénient se présente surtout avec les moteurs à faible compression inférieure à six kilos par millimètre carré. Le réglage de la température de la boule d'allumage peut se faire en injectant de l'eau dans la chambre de combustion, mais ce procédé présentant de graves inconvénients en pratique, il ne s'est guère répandu.

Pour mettre le moteur en marche, on vérifie d'abord que l'enveloppe du cylindre et son réservoir renferment suffisamment d'eau pour le refroidissement. On fait le plein du réservoir d'huile de combustion en ayant soin de la filtrer et on allume la lampe de mise en route. Celle-ci fonctionne au pétrole lampant et on y comprime de l'air avec une petite pompe de façon qu'elle donne une flamme de chalumeau bleue que l'on dirige sur la boule d'allumage pour la porter au rouge cerise. On injecte alors à la main un peu de combustible dans le cylindre et on démarre le moteur en tournant le volant. Avec les modèles de grande puissance, le lancement se fait comme pour les moteurs à gaz, par admission d'air comprimé. Une fois la machine en marche, on éteint la lampe chauffante et on règle les graisseurs de manière qu'ils donnent 20 gouttes par minute sur le piston, 15 sur la tête de bielle et 10 à chacun des paliers. En général, le temps nécessaire à la mise en route complète depuis le moment où on allume la lampe, ne dépasse pas une dizaine de minutes. Pendant la marche, il est bon de contrôler la combustion de temps en temps en ouvrant le robinet d'épreuve du cylindre et en vérifiant qu'il n'en sort pas de particules solides de poussière noire ; les gaz d'échappement doivent en tout temps être bleuâtres et ne pas contenir de fumées noires.

Si le moteur est bien conduit et l'huile convenablement filtrée, il peut fonctionner une centaine d'heures sans exiger de nettoyage. Quand on marche avec des huiles végétales (palme, arachide, etc.), il est prudent d'utiliser lors du démarrage et quelques minutes avant l'arrêt, du pétrole ordinaire pour assurer un bon nettoyage du cylindre et de la culasse.

Les moteurs semi-Diesel peuvent marcher avec la plupart des combustibles liquides depuis les pétroles lampants jusqu'aux huiles lourdes dont les principales sont : les huiles lampantes, les huiles à gaz, les huiles de distillation du pétrole

brut, les huiles de schiste, de houille, de lignite et les huiles végétales de coton, de palme, d'arachide, de ricin, de sésane. On a constaté qu'en particulier ils s'accommodaient fort bien des huiles végétales. Or, les pays d'outre-mer sont à même d'en fournir des quantités énormes, à condition d'en organiser méthodiquement la production. Au point de vue chimique, les huiles végétales ne diffèrent des huiles minérales que par la présence d'une molécule d'oxygène dans leur composition. Leur puissance calorifique est comprise entre 9300 et 9400 calories, leur poids spécifique entre 0,91 et 0,92, leur température de combustion se trouve aux environs de 300 degrés. C'est principalement dans les pays scandinaves que s'est développée la construction des moteurs semi-Diesel et depuis plus de vingt ans on les y utilise à bord des bateaux de pêche. Actuellement, l'intérêt qu'ils présentent surtout pour les colonies a amené de nombreux constructeurs, un peu dans tous les pays, à les étudier et à mettre des modèles nouveaux au point. Parmi les principales firmes qui s'occupent de sa construction, nous pouvons citer :

Les frères Houmoller à Frederikshave (Danemark) qui construisent le moteur marque *Alpha*. Le moteur *Dan*, de la Société Dan à Copenhague (Danemark). Le moteur *Hein*, de la Forenede Motorfabrike à Bergen (Norvège) ; le moteur *June*, de la Société Mécanique de Jonkoping (Suède). La compagnie Bolinder à Stockholm (Suède). Le moteur *Avance*, de la Svenson Motorfabrik de Stockholm. En Angleterre, les principaux constructeurs sont : Vickers-Petter à Ipswich, Gardner à Manchester, Robey à Lincoln. En France : Le moteur Taxham est fabriqué par la Société Delaunay-Belleville de Saint-Denis près Paris, le moteur *Aster* par la Société Aster de Saint-Denis ; les Établissements Weyher & Richmond à Pantin et la Société Renault à Billancourt ont également leurs modèles spéciaux. En Italie, les Établissements Ansaldo et la Société Fiat construisent ce moteur ; en Suisse, la Maschinenfabrik de Winterthur Enfin, en Belgique, les Usines Bollinckx de Buysinghen ont mis au point un intéressant type de moteur fonctionnant à l'huile de palme, spécialement étudié pour l'emploi au Congo. Les Établissements Moès de Waremme font aussi des semi-Diesel.

M. Demanet,
Ingénieur Civil.

# BIBLIOGRAPHIE

**I.** — TRAITÉ D'ANALYSE, par ÉMILE PICARD, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Professeur à la Faculté des Sciences. — 3e édition, revue et augmentée avec la collaboration de GASTON JULIA, maître de conférences de la Faculté des Sciences de Paris. — Un vol. gr. in-8° de XVIII-593 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1922.

L'éloge du beau *Traité d'Analyse* de M. Picard n'est certes plus à faire ; il a, depuis longtemps, pris place parmi les meilleurs classiques de la littérature mathématique française. Voici la troisième édition qui commence à en paraître. Pour sa mise au point, l'éminent géomètre a eu recours à la collaboration d'un de ses anciens élèves qui, par des travaux hors de pair, s'est, pour ses débuts, placé au tout premier rang de la jeune école mathématique française.

L'ouvrage de M. Picard est assez connu pour qu'il ne soit pas nécessaire d'en refaire une analyse détaillée. Rappelons seulement que ce premier volume se divise en trois parties ayant trait respectivement aux intégrales simples et multiples, à l'équation de Laplace et ses applications ainsi qu'aux développements en séries, enfin aux applications géométriques du calcul infinitésimal.

Nous nous bornerons à signaler ici les points sur lesquels nous ont apparu les additions les plus notables relativement à l'édition précédente.

Dans la première partie, c'est tout d'abord l'introduction, à propos des intégrales définies, de la notion de fonction continue à variation bornée de Jordan, avec son application à la rectification des courbes, les résultats essentiels à retenir de cette théorie étant, d'une part, que toute fonction bornée peut être regardée comme la différence de deux fonctions

positives croissantes, et, d'autre part, que, pour toute courbe rectifiable, les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ sont à variation bornée.

Dans la théorie des intégrales indéfinies, on peut remarquer (au n° 13) la façon élégante dont est effectuée la réduction des intégrales abéliennes, dans le cas où l'exposant est, au dénominateur, simplement égal à l'unité.

En ce qui concerne les intégrales doubles, il y a lieu de signaler (n$^{os}$ 6 et 7) la modification apportée à la définition de l'intégrale double étendue à une aire quelconque en vue d'une plus grande rigueur et quelques remarques nouvelles se rattachant à ce sujet. C'est également, au n° 8, par une démonstration nouvelle, qu'est établie la formule du changement de variables dans les intégrales doubles.

L'aire d'une surface courbe — on le sait aujourd'hui et M. Cartan a contribué à établir cette notion — ne saurait être définie comme limite de l'aire d'une surface polyédrale inscrite dont les faces tendent vers zéro, à moins de précautions particulières. L'introduction, au n° 14$^{bis}$, d'un exemple, dû à M. Schwarz, et qui se rapporte au cylindre de révolution, permet de mettre ce fait très simplement en évidence.

Il convient enfin de mentionner, toujours à propos des intégrales doubles, quelques nouvelles et curieuses applications de la formule de Stokes, notamment à la détermination du nombre de fois qu'une courbe s'enlace autour d'une autre courbe de l'espace qu'elle ne rencontre pas.

Dans la deuxième partie, les additions ne sont pas moins importantes. Dès les généralités relatives à l'équation de Laplace on en relève, d'intérêt non négligeable, touchant d'une part (p. 174) le fait que l'admission du théorème de la moyenne est caractéristique des fonctions harmoniques, et, d'autre part (n° 7$^{bis}$) la démonstration de cet autre fait que, dans la solution du problème de Dirichlet pour le cas de la sphère, les valeurs limites de l'intégrale de Poisson sont les valeurs données sur la sphère. Cette démonstration est présentée sous l'élégante forme géométrique que lui a donnée M. Schwarz. Elle est complétée par une importante addition relative au cas où les valeurs données sur la sphère présentent des discontinuités, qui est due personnellement à M. Julia.

Les chapitres VII et VIII, consacrés l'un au potentiel et

à l'attraction des masses à trois dimensions, l'autre aux potentiels de simple et double couche, sont de ceux qui ont été le plus profondément remaniés dans la présente édition. Signalons notamment l'introduction, qui y a été opérée, des théorèmes de Green et de Chasles sur les surfaces de niveau, et les indications sommaires qui y sont données sur la liaison du problème de Dirichlet avec l'équation de Fredholm.

On trouve au chapitre IX (n° 8), un exemple nouveau et intéressant de courbe continue dépourvue de tangente, obtenue par des constructions géométriques intuitives, d'après M. Helge von Koch, mais toutefois eu égard à une sensible simplification, due à M. Julia.

Le chapitre X, qui a trait aux séries trigonométriques, d'une si haute importance pour les applications physiques, a été, lui aussi, l'objet d'une refonte complète. On y rencontre notamment des additions considérables relatives aux objets suivants : 1° théorie des intégrales singulières prise ici pour base de la théorie des séries de Fourier ; 2° phénomène de Du Bois-Reymond et Gibbs relatif à l'allure d'une série de Fourier au voisinage d'une discontinuité ; 3° singularités possibles de la série de Fourier d'une fonction continue qui n'est pas à variation bornée ; 4° sommation généralisée des séries de Fourier par les moyennes arithmétiques de Féjer ; 5° propriétés diverses des coefficients de Fourier des fonctions bornées et intégrables avec applications géométriques curieuses aux isopérimètres ; 6° esquisse plus détaillée que celle qui figurait à l'édition précédente du mémoire fondamental de Riemann sur les séries trigonométriques.

Dans la troisième partie, réservée aux applications géométriques, les modifications sont moins nombreuses. Signalons toutefois, dans la théorie des courbes gauches, l'interprétation géométrique des formules de Serret-Frenet au moyen de la notion d'indicatrice sphérique, et la détermination des coefficients des développements en séries des coordonnées suivant les puissances de l'arc, en fonction des rayons de courbure et de torsion et de leurs dérivées par rapport à l'arc ; dans la théorie des surfaces, quelques développements relatifs aux cyclides de Dupin et une indication au sujet de la transformation de Sophus Lie, par laquelle les lignes asymptotiques sont transformées en lignes

de courbure ; enfin, pour terminer le volume, une très intéressante introduction à la géométrie non euclidienne, rattachée à la théorie des représentations conformes.

Insister sur les qualités d'un pareil ouvrage, étant donné le nom de l'auteur, pourrait paraître à tout le moins superflu ; constatons toutefois que les passages ajoutés par M. Julia sont loin d'avoir porté atteinte à ces qualités. Plus que jamais ce beau traité peut être regardé comme un des meilleurs classiques s'adressant à tous ceux qui veulent soit acquérir pour la première fois, soit se remémorer les principes de l'analyse envisagée dans ses parties élevées. M. O.

MÉTHODES ET PROBLÈMES DE THÉORIE DES FONCTIONS, par ÉMILE BOREL, membre de l'Institut. — Un vol. gr. in-8° de 148 pages ; 1922.

LEÇONS SUR LES FONCTIONS AUTOMORPHES, par GEORGES GIRAUD, Docteur ès Sciences, chargé de cours au Collège de France. — Un vol. gr. in-8° de 126 pages ; 1920.

LEÇONS D'ANALYSE FONCTIONNELLE, professées au Collège de France par PAUL LÉVY, Professeur à l'École Polytechnique. — Un vol. gr. in-8° de 442 pages ; 1922.

(Ces trois ouvrages font partie de la *Collection de monographies sur la théorie des fonctions*, publiée sous la direction de M. Émile Borel. Paris, Gauthier-Villars.)

La théorie des fonctions est, sans conteste possible, le domaine où se dépense avant tout l'effort de la jeune école mathématique contemporaine ; on pourrait même dire : à peu près exclusivement. Cet effort se montre, au reste, particulièrement en France, d'une puissance et d'une fécondité extraordinaires, mais la rapide succession des progrès qu'il permet de réaliser ne rend guère possible, pour le moment du moins, la publication d'un de ces traités magistraux, comme celui de Darboux sur la théorie des surfaces, qui fixent, en quelque sorte, pour un temps, la physionomie de la science dans tout l'ensemble d'une de ses grandes divisions. Aussi M. Émile Borel est-il, à notre avis, très justement fondé à penser « que, pour bien des questions en voie d'évolution, il vaut mieux conserver la forme plus souple d'une telle collection *(celle de ses monographies)* d'ouvrages séparés dont

il est plus aisé de renouveler ou de compléter, au fur et à mesure des nécessités, les parties qui se trouvent avoir vieilli, en raison même de l'action qu'elles ont exercée ».

Laissant donc à de plus jeunes le soin d'écrire sur ces matières quelque traité magistral, quand le moment en sera venu, il se borne aujourd'hui, pour sa part, à compléter les importants apports personnels que lui doit déjà sa collection par un volume — le neuvième de ceux qui y portent sa signature — dont la composition n'est pas moins originale que le fond.

La matière de ce volume comprend une série de notes et de mémoires publiés séparément par l'auteur en divers recueils en attendant de venir se fondre en un tout méthodiquement ordonné. M. Borel a renoncé à ce travail de coordination. Il s'est contenté de juxtaposer ces exposés particuliers en les groupant toutefois, suivant leur objet, en quatre chapitres distincts, visant respectivement les domaines et la théorie des ensembles, les opérations et les développements en série, la théorie de la croissance et le rôle des constantes arbitraires, enfin les fonctions de variable complexe, en général, et les fonctions particulières, et en faisant précéder chacun de ces chapitres d'un commentaire propre à mieux faire saisir le sens des théories auxquelles il se rapporte.

Mais ce qui confère au livre de M. Borel une saveur toute spéciale, c'est l'usage étendu qu'il y fait de comparaisons et de formes de langage empruntées à la biologie, grâce à quoi la présentation de certaines idées prend un tour des plus frappants. Sur les raisons qui l'ont incité à recourir de façon courante à ce procédé, M. Borel a écrit une introduction qui ne peut manquer d'être un vrai régal pour tous ceux que ne laissent point insensibles des pensées originales exposées en un langage élégant.

Et, dès le début des généralités par lesquelles s'ouvre le chapitre I, l'auteur fait une heureuse application de cette façon spéciale de caractériser les notions mathématiques en avançant que « les domaines et les ensembles sont aux fonctions ce que les tissus sont aux êtres vivants ». Ce chapitre, où l'auteur s'étend notamment sur les définitions analytiques et sur ce qu'il appelle l'illusion du transfini, ainsi que sur la classification des ensembles de mesure nulle,

confine, en certaines de ses parties, pour le moins autant à la philosophie qu'aux mathématiques.

« Après l'étude du domaine vient naturellement (au chapitre II) celle des opérations simples qui peuvent être effectuées sur les fonctions et servent à les définir, ou, si l'on veut, à les créer ». Et l'auteur ajoute : « Les analogies avec la biologie sont ici forcément assez vagues ; rien n'est plus varié d'ailleurs que les modes de reproduction et d'évolution des êtres vivants ». Ce chapitre contient les intéressantes contributions de l'auteur à la théorie des fonctions de deux variables réelles et les vues très personnelles qu'il a développées sur l'intégration des fonctions non bornées et sur les définitions constructives. Reconnaissant que son point de vue initial ne laisse pas de donner prise à controverse, M. Borel fait toutefois observer que nul ne saurait pourtant contester la rigueur et l'importance de la théorie des séries divergentes à laquelle ce point de vue l'a conduit et que de nombreux géomètres ont développée depuis ses premiers travaux ; c'est, en effet, là un fait qui est hors de toute discussion et qui vient très heureusement attester que les divergences de vues sur la valeur et la portée des notions premières de la science ne sont pas exclusives du développement des fruits qu'elle peut porter.

On sait l'importance spéciale du type exponentiel dans la théorie générale de la croissance. « On peut, dit M. Borel, comparer cette importance du type exponentiel et de quelques autres types simples à l'importance prise dans le règne animal par les vertébrés, ou par les insectes. On pourrait concevoir *a priori* que l'évolution animale aurait pu conduire à d'autres types aussi différents des insectes et des vertébrés que ceux-ci sont différents entre eux ; l'étude de ces hypothèses est loin de présenter le même intérêt que l'étude des espèces existantes .»

Les notes, ayant trait à cette importante question de la croissance des fonctions, que l'auteur reproduit dans ce chapitre III, touchent, sans beaucoup y insister, à des questions difficiles, parmi lesquelles celle de la nature arithmétique des constantes qui s'introduisent en analyse suggère à M. Borel cette réflexion : « C'est seulement par des moyens entièrement neufs qu'elle pourra peut-être être résolue un

jour ; c'est là une des questions les plus passionnantes et les plus importantes des mathématiques ». Une telle réflexion émanant d'une si haute autorité en mathématiques est de nature à retenir l'attention des chercheurs de l'avenir.

Le chapitre IV réservé aux fonctions de variable complexe s'ouvre par une sorte d'hymne magnifique à la gloire du génial créateur de leur théorie : « Depuis les immortelles découvertes de Cauchy, s'écrie M. Borel, la théorie des fonctions d'une variable complexe est devenue le centre des mathématiques, centre vers lequel convergent tous les efforts, même en apparence dispersés, centre d'où partent les méthodes qui, comme de larges faisceaux lumineux, éclairent d'une clarté nouvelle les parties les plus diverses des mathématiques.... ». Et ceci encore : « Les fonctions d'une variable complexe donnent, plus peut-être que les fonctions de variable réelle, l'impression d'être vivantes... ». Les notes groupées par l'auteur dans ce chapitre complètent ou précisent, sur quelques points, les développements relatifs à ces fonctions, épars en la plupart des volumes de la collection.

Insistant, dans sa conclusion générale, sur la dictinction du possible et du réel, et faisant remarquer que les êtres possibles sont en infinité transfinie, donc, en leur ensemble, insaisissables, M. Borel recommande aux chercheurs de « se borner à étudier les fonctions qui se présentent *naturellement*, ce que nous pouvons appeler les êtres réels et normaux, par opposition aux monstres artificiellement créés ou même simplement conçus abstraitement ».

Un livre comme celui-ci, éminemment suggestif, est propre sinon à créer, du moins à canaliser et à diriger de nouveaux courants d'études ; par là, on peut augurer qu'il deviendra l'initiateur de nouveaux progrès en mathématiques.

La collection de M. Borel continue, par ailleurs, à s'enrichir des apports de jeunes maîtres qui se sont plus spécialement occupés de telle ou telle partie de la théorie des fonctions, en vue surtout de l'enseignement public. La fondation Peccot, instituée en vue d'un cours complémentaire de mathématiques au Collège de France, est particulièrement propre à faire éclore de ces exposés d'allure magistrale, bien que ne

s'attachant qu'à une région strictement délimitée du vaste domaine de la théorie des fonctions.

C'est ainsi que M. Georges Giraud, titulaire de la fondation Peccot en 1919, nous a donné d'excellentes leçons sur les fonctions automorphes en complétant sur bien des points les beaux résultats obtenus dans cette voie par Poincaré, premier inventeur de ces fonctions considérées dans toute leur généralité pour le cas d'une seule variable, et par M. Picard qui en a étendu la notion au cas de deux variables.

M. Giraud s'est placé, comme l'avait déjà fait M. Fubini, au point de vue le plus général en abordant la théorie dans le cas d'un nombre quelconque de variables ; mais les hypothèses par lesquelles il précise le sujet diffèrent de celles du géomètre italien en ce sens qu'au lieu d'admettre, comme celui-ci, que le groupe possède un certain invariant différentiel, dont l'intégrale joue dans la théorie le même rôle que la distance non euclidienne dans la théorie de Poincaré, il admet seulement l'existence de multiplicités cycliques jouant, sans qu'il y ait besoin d'aucune intégration, le rôle de cette même distance.

Dans le chapitre I, M. Giraud étudie les propriétés générales des groupes automorphes satisfaisant aux hypothèses fondamentales qu'il a admises, pour examiner, au chapitre II avec plus de détail, diverses catégories particulières de ces groupes, d'une importance spéciale, qui peuvent être désignés comme groupes linéaires continus à $n$ variables, ou, sous une forme plus brève, *groupes hyperfuchsiens*, attendu que, dans le cas d'une seule variable, ils redonnent les groupes fuchsiens de Poincaré, premier germe de cette théorie générale, et, dans celui de deux variables, les groupes pour lesquels M. Picard a précisément, pour la première fois, employé ce terme d'hyperfuchsien.

De là, l'auteur passe, dans le chapitre III, à certains groupes quadratiques qui, pour une variable, redonnent ceux de Poincaré, pour deux, les *groupes hyperabéliens* de M. Picard, et, pour trois variables, ceux qu'il a lui-même étudiés avec succès dans une thèse très remarquée qui lui a valu, en 1916, le titre de docteur. A la fin de ce chapitre, comme du précédent, l'auteur établit l'existence d'invariants intégraux réels de tous les ordres.

A l'instar de M. Fubini, mais en envisageant des cas moins restreints, M. Giraud fait voir, dans le chapitre IV, comment, à l'aide de groupes déjà connus, il est possible d'en obtenir de nouveaux satisfaisant aux hypothèses admises, ce qui le conduit à retrouver d'une autre manière les groupes hyperabéliens de M. Picard.

Le chapitre V et dernier est consacré spécialement aux fonctions de Poincaré dont, en se plaçant au point de vue de M. Picard, l'auteur poursuit l'étude en se fondant sur les résultats acquis dans les chapitres précédents, ce qui ne contribue pas peu à en faire ressortir tout l'intérêt. Il y ajoute encore quelques autres résultats exigeant des démonstrations nouvelles, notamment en ce qui concerne les curieux rapports qu'offre la théorie de ces groupes avec la géométrie plane de Lobatchefski.

Cet exposé soigneusement fait, par un auteur que l'on sent bien maître de son sujet et y ayant amplement exercé sa réflexion personnelle, vient se placer en rang honorable dans la savante collection dont il fait partie.

Le livre de M. Paul Lévy, reproduisant, lui aussi, des leçons faites au Collège de France, grâce à la fondation Peccot, a un développement très sensiblement supérieur à celui des autres volumes de la collection. C'est que la matière à laquelle il est consacré, tout en se rattachant étroitement à la théorie des fonctions, peut être regardée comme constituant bel et bien une branche nouvelle de la science « qui dérive du calcul différentiel et intégral de la même manière que ce calcul lui-même dérive de l'algèbre, par une généralisation progressive des opérations effectuées ».

« Logiquement parlant, dit M. Hadamard, dans la préface très élogieuse qu'il a écrite pour le livre de M. Lévy, le calcul fonctionnel aurait dû se constituer dès la naissance même de la notion d'intégrale définie ou, plus exactement, lorsque avec cette notion fut élaborée celle même de fonction, au sens de Dirichlet, la fonction étant considérée comme définie, non par telle ou telle série d'opérations analytiques, mais par la connaissance de toutes ses valeurs... ». En fait, comme il arrive toujours dans la genèse des diverses parties de la science, les idées générales sur le sujet n'arrivèrent à se

dégager que longtemps après que l'on avait commencé à côtoyer leur domaine, et, comme M. Lévy en fait la remarque, « on peut dire d'une manière précise, que c'est en 1887 que le calcul fonctionnel prit naissance, lorsque M. Volterra commença à publier.... une série de notes, rapidement devenues célèbres, sur ce sujet ».

On sait que les remarquables découvertes de M. Volterra ont fait de sa part, devant l'Université de Paris, l'objet d'un exposé magistral qui a pris lui-même la forme d'un volume dans la collection de M. Borel (1). Mais on sait aussi qu'en faisant, dans la voie de la recherche mathématique, des débuts qui ont marqué aux yeux du monde savant, M. Paul Lévy a, du premier coup, sensiblement accru le champ de l'analyse fonctionnelle, notamment en étendant au nouveau domaine la notion d'équation aux différentielles totales complètement intégrable, généralisation qui, au témoignage de M. Hadamard, « a jeté sur toute la théorie la plus vive et la plus féconde lumière ».

On peut juger par là de l'intérêt que peut offrir, sous la plume d'un auteur qualifié en l'espèce comme l'est M. Paul Lévy, la mise au point d'un sujet encore aussi neuf, en même temps que d'une aussi haute importance pour l'avenir des applications de l'analyse mathématique.

L'ouvrage de M. Lévy comprend trois parties qui auraient presque pu prendre chacune la forme d'un volume séparé dans la collection Borel, comme s'appliquant à un sujet bien délimité : les fondements du calcul fonctionnel ; les équations aux dérivées partielles du premier ordre ; la notion de moyenne dans le domaine fonctionnel et l'équation de Laplace généralisée.

La première partie s'ouvre par un exposé, d'une remarquable netteté, de l'origine et des principes du calcul fonctionnel, précisant rigoureusement le point de vue d'où une fonctionnelle peut être regardée comme une fonction à un nombre infini de variables, ce qui entraîne pour une telle étude une division en chapitres parallèle à celle qui est traditionnellement observée dans l'étude de la théorie des fonctions à un nombre fini de variables.

(1) Analysé dans le n° de janvier 1914 de la REVUE (p. 253).

Cette première partie s'attache à la généralisation, dans le domaine fonctionnel, des notions élémentaires du calcul différentiel, à commencer par celle de la continuité. L'auteur y développe l'étude de la variation première et des variations d'ordre supérieur des fonctionnelles. Il fait, très justement, une large place dans son exposé à une œuvre « qui, selon le dire de M. Hadamard, s'annonçait admirable : celle de R. Gateaux, tué à l'ennemi en 1914, et dont l'œuvre si vite et si brutalement interrompue, avait ouvert au calcul fonctionnel la voie nouvelle de l'intégration ».

Fort heureusement, M. Paul Lévy est là pour continuer cette œuvre, en même temps que celle de M. Volterra et la sienne propre.

Notons, en passant, l'élégance avec laquelle il use, en ce sujet difficile, de considérations de géométrie à $n$ dimensions.

C'est, répétons-le, dans le domaine des équations aux dérivées fonctionnelles qu'il a, pour sa part, principalement affirmé sa maîtrise. A celle de ces équations qui sont du premier ordre est consacrée la deuxième partie ; parmi les nombreux types intéressants à en considérer, le plus simple est celui qui résulte de la généralisation des équations aux différentielles totales, au sujet duquel, comme on sait, M. Paul Lévy a apporté les plus notables contributions. C'est lui, en outre, qui a introduit dans la théorie le type de ce qu'il a nommé les équations aux dérivées fonctionnelles partielles, généralisant les équations aux dérivées partielles ordinaires, et auxquelles il a su étendre les notions de caractéristiques, d'intégrales complètes et la méthode d'intégration de Cauchy.

Dans la troisième partie sont étudiées les équations aux dérivées fonctionnelles partielles du second ordre, et notamment une équation qui généralise celle de Laplace. Cette étude est fondée sur la généralisation, obtenue pour la première fois par Gateaux, de la notion d'intégrale ou, plus exactement, de celle de moyenne. « Tandis, fait remarquer l'auteur, que jusqu'ici l'analyse fonctionnelle présentait avec l'analyse ordinaire une analogie remarquable, la théorie de la moyenne en calcul fonctionnel est quelque chose d'essentiellement nouveau, ne ressemblant à aucune théorie de l'analyse ordinaire. »

L'auteur, faisant observer que le développement de ces diverses théories oblige à utiliser un très grand nombre de notions empruntées à l'analyse ordinaire, et prévoyant le cas où le lecteur pourrait ne pas posséder toutes les connaissances se rattachant à ces notions, n'a pas hésité — ce dont on ne peut que lui savoir gré — à allonger un peu son exposé pour fournir au dit lecteur, sous une forme sommaire, ces connaissances préalables, touchant notamment l'intégration au sens de M. Lebesgue, les séries de fonctions orthogonales, les propriétés élémentaires des fonctions de Green, etc...

D'autre part, M. Lévy a cru bon, dans les derniers chapitres de son livre, d'aborder certains résultats récents bien que, de son aveu même, non encore complètement au point. Ce n'est certes pas nous qui l'en blâmerons, estimant avec lui que, pour ces parties élevées de la science encore en gestation, il est opportun de suggérer aux nouveaux venus dans la carrière de la recherche scientifique les sujets d'étude d'où se peuvent attendre les progrès futurs.

A tous les points de vue, l'œuvre de M. Paul Lévy nous paraît excellente ; outre qu'elle confirme l'opinion que, dès la première heure, le monde savant s'était faite de la haute valeur de l'auteur, elle témoigne, en outre, chez lui, d'une remarquable entente des besoins vrais de l'exposé des dernières nouveautés de la science en vue de leur développement futur.

M. O.

**II.** — Nomographie ou Traité des Abaques, par Rodolphe Soreau, Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers ; 2 volumes grand in-8°, de 503 et 283 pages. Tome I, *Technique des Abaques ;* Tome II, *Théories générales.* — Paris, E. Chiron, 1921. Prix : 50 et 25 fr.

En 1899, M. Pasquier a publié dans cette Revue un article intitulé *De la Nomographie et de la nécessité de l'introduire dans l'enseignement.* En même temps qu'il y annonçait la création, à son initiative, d'un cours de Nomographie aux Écoles spéciales de l'Université de Louvain, M. Pasquier justifiait cette création par les immenses simplifications qu'apporte la science nouvelle aux calculs souvent si étendus inhérents aux applications de la science de l'ingénieur, et

faisait prévoir les développements que la Nomographie était appelée à prendre. — Quelques mois après la publication d'une nouvelle édition, vraiment un livre nouveau, du *Traité de Nomographie* de M. d'Ocagne, la publication du grand ouvrage de M. Soreau est une preuve nouvelle de la justesse des prévisions de M. Pasquier. Ce témoignage se condense d'une manière particulièrement frappante dans les tables des 142 abaques ou nomogrammes que renferment ces deux volumes. Outre les Mathématiques pures, la Physique et la Chimie, l'Astronomie et la Navigation, ces nomogrammes intéressent toutes les branches techniques : Topographie, Hydraulique, Constructions civiles, Constructions mécaniques, moteurs et générateurs, industries des transports...Signalons, parmi les plus intéressants, celui qu'a construit M. Soreau lui-même pour l'étude de la distribution dans les machines à vapeur ; cette étude s'est faite jusqu'à présent par l'épure dite circulaire, l'épure elliptique, l'épure sinusoïdale, l'épure polaire ; ces tracés *qu'il faut refaire pour chaque application* sont remplacés ici par un abaque général, valable quel que soit le rapport de la bielle à la manivelle ou de la barre au bras d'excentrique.

L'auteur estime les abaques de son ouvrage reproduits à des dimensions trop petites pour assurer une précision satisfaisante. Ce reproche ne me semble pas tout à fait justifié. Certes, le spécialiste qui aura à faire un usage fréquent de tel de ces nomogrammes le construira ou se le procurera dans des dimensions plus grandes ; mais le format adopté par M. Soreau pour son ouvrage et l'habitude de consacrer une page entière à chaque graphique permettent de considérer ce Traité comme, en même temps, un recueil de nomogrammes utilisables tels quels dans la plupart des circonstances. A titre d'essai, je calcule, pour l'étude d'une distribution de vapeur, la course relative du piston pour telle valeur du rapport de la bielle à la manivelle et telle obliquité de la manivelle sur la tige du piston : le calcul direct — après combien de temps ! — donne 0,23217 ; un fil tendu sur le nomogramme de M. Soreau fait lire 0,233.

La *Préface*, d'une trentaine de pages, est toute une petite étude pleine d'intérêt. Après avoir montré l'importance qu'il faut attacher à l'art du calcul, facilité et accéléré par les

machines, les tables, les tracés graphiques, les nomogrammes, l'auteur démontre, en particulier, l'utilité de la Nomographie. « Rappelons, dit-il, la construction de la route de Tananarive à Moramanga, qui comportait 275.000 mètres cubes de terrassements et 45.000 mètres cubes de maçonneries ; grâce à l'emploi systématique des abaques, deux officiers ont pu établir l'avant-projet en deux jours ».

Une partie de la *Préface* est consacrée à l'*Histoire de la Nomographie*. Cette science est trop jeune encore pour que son histoire soit autre chose aujourd'hui que celle de ses origines. Après la *période préliminaire*, après même toute une partie de la *période créatrice*, pendant laquelle on faisait encore de la Nomographie sans le savoir, sans se rendre compte des généralisations possibles, de quel instant peut-on dire qu'il est celui où la Nomographie, en tant que corps de doctrine, prit naissance ? C'est, à n'en pas douter, celui où a paru, en 1891, la première brochure de M. Ocagne portant précisément ce titre de *Nomographie*. Mais M. Soreau dégage quatre principes dont les applications successives ou quasi successives marquent les grandes étapes de la Nomographie : l'anamorphose généralisée ; l'application de la théorie des figures corrélatives et de l'homographie ; la pluralité des cotes d'une droite et d'un point ; la mobilité des éléments de l'abaque.

Les noms propres ne sont pas très nombreux dans tout ceci, et il n'est pas difficile de distinguer les savants à qui nous sommes particulièrement redevables de la constitution de la Nomographie en une véritable science.

C'est pendant la première étape que les collaborateurs furent le plus nombreux, à partir de Lalanne qui, le premier peut-être, se rendit compte de l'avenir des abaques, alors qu'ils étaient encore des abaques proprement dits, des nomogrammes à entrecroisement.

Mais l'impulsion que la Nomographie reçut de la transformation par figures corrélatives, et, par conséquent, de la substitution de ces merveilles de simplicité que sont les nomogrammes à points alignés aux abaques à entrecroisement souvent si peu lisibles, M. Soreau l'attribue tout entière à M. d'Ocagne. De plus, dans la troisième étape, c'est ce même nom que nous rencontrons, à propos des abaques hexagonaux de M. Lallemand, comme celui de

l'auteur de ce principe des points à deux cotes qui accrut encore le champ de la Nomographie en s'appliquant, non seulement à la forme, peu étendue, que représentaient déjà les abaques hexagonaux, mais à toutes les formes d'équations à trois variables susceptibles d'anamorphose.

Dans la dernière partie de cet historique, à propos du *développement didactique* de la Nomographie, M. Soreau rappelle à bon droit ses propres travaux : diverses notes à l'Académie des Sciences, sa *Contribution à la théorie et aux applications de la Nomographie* (1901), ses *Nouveaux types d'abaques* (1906), enfin l'*Anamorphose et l'ordre nomographique* (1914).

Le premier volume, la *Technique des Abaques*, constitue un ouvrage distinct et complet dont pourront se contenter ceux qui n'étudient la Nomographie qu'en vue de ses applications. Le deuxième volume renferme les *Théories générales* auxquelles s'intéresseront surtout les géomètres.

Les trois premiers Chapitres du Tome I sont consacrés aux abaques à entrecroisement. C'est peut-être beaucoup pour une méthode qu'il ne semble plus bien utile d'encourager. Certes, tout abaque à entrecroisement n'est pas nécessairement transformable en un nomogramme à points alignés : il faut pour ceci qu'il soit anamorphosable en un abaque à faisceaux rectilignes. Mais rencontre-t-on, dans les applications, beaucoup de formes algébriques qui ne vérifient pas cette condition ? Voyez, par exemple, ce que dit M. Soreau, après avoir distingué, dans les abaques à entrecroisement, *les trois classes essentielles* des abaques à deux faisceaux rectilignes et un troisième quelconque, des abaques à trois faisceaux rectilignes, des abaques à faisceaux rectilignes et circulaires : « Je n'ai pas trouvé, dans les formules de la technique, d'exemples d'équations pouvant être représentées par des abaques à plus d'un faisceau de cercles, sauf pour quelques formules très simples, qui admettent d'ailleurs des abaques à trois faisceaux de droites. »

Le quatrième Chapitre parle des abaques hexagonaux, et les trois chapitres suivants s'occupent des nomogrammes à points alignés pour les équations à trois variables. Il faut s'arrêter à la page qui compare les abaques à entrecroisement et les nomogrammes à points alignés ; la comparaison est

tout à l'avantage de ceux-ci ; il n'y a guère à leur faire que ce reproche que les feuilles qui les portent doivent être traitées « avec plus de ménagements ; aussi, ajoute l'auteur, beaucoup d'ingénieurs préfèrent-ils encore ces derniers ». — Mais ce mot *encore* et l'esprit de progrès qui anime les ingénieurs ne permettent-ils pas de considérer cet argument comme bien précaire ? Sans doute est-ce bien l'avis de M. Soreau, car, immédiatement après : « Il n'est cependant pas douteux que les abaques à points alignés sont infiniment supérieurs, comme précision, aux abaques à faisceaux de droites. Par ailleurs, ils ont permis d'élargir singulièrement le champ de la Nomographie en se prêtant à des généralisations encore plus étendues que celles données par les abaques hexagonaux... En raison de tous ces avantages, c'est surtout la représentation en points alignés que j'envisagerai dans les Chapitres qui vont suivre... ».

C'est dans cet esprit, en effet, que sont traitées aussi, dans les Chapitres VIII et IX, les représentations des équations à quatre variables, et, dans les trois derniers du Tome I, les représentations des équations à un nombre quelconque de variables.

Quant à la méthode pour la théorie des nomogrammes à points alignés, M. Soreau n'a pas adopté les coordonnées parallèles de M. d'Ocagne, et a préféré représenter chaque échelle par les équations paramétriques de son support, moyennant, comme paramètre, la variable correspondante. Il s'en explique au début du tome II, où il reconnaît la simplicité des coordonnées parallèles, par lesquelles une seule relation définit directement l'échelle, support et graduation : malgré cette propriété, il n'a pas cru, dit-il, devoir les utiliser, parce que moins connues que les coordonnées cartésiennes. — J'ajoute que l'étude des nomogrammes à points alignés par la représentation paramétrique de leurs échelles rend ces nomogrammes indépendants des abaques à entrecroisement et facilite le travail de ceux pour qui la méthode des points alignés constitue aujourd'hui, ou presque, « la Nomographie proprement dite ».

Dans le dernier Chapitre du premier volume, à propos des nomogrammes à éléments cotés mobiles, il faut signaler l'intérêt des règles à réglettes mobiles, dont la règle à calculs

ordinaire est l'exemple le plus simple et le plus répandu. — Voici, construite par M. Soreau, une pareille règle pour le calcul de la poussée des terres sur un mur vertical de soutènement par la formule de M. Boussinesq. Cette formule donne la poussée par mètre carré en fonction du poids du mètre cube des terres, de la hauteur du mur et des coefficients de frottement des terres sur elles-mêmes et sur la maçonnerie. Sur la règle de M. Soreau, le déplacement de la réglette et d'un curseur transversal fournit immédiatement le résultat de ce calcul. — Voici encore une règle à trois réglettes pour le calcul de la force de traction nécessaire à une locomotive de poids connu, remorquant un convoi de poids connu, avec telle vitesse, sur un alignement droit de telle déclivité.

Le tome II reprend les divers modes de représentation nomographique et en fait une théorie générale. M. Soreau attache une importance particulière à la recherche des lois empiriques par la Nomographie. Il nous en a avertis dans sa Préface : « Une telle recherche est une des applications les plus originales, les plus captivantes et les plus fécondes de la Nomographie. Jusqu'à ce jour elle n'a pas reçu, à beaucoup près, le développement qu'elle comporte ; j'estime qu'elle est appelée à rendre les plus grands services, soit pour découvrir les lois exactes, soit pour améliorer les formules empiriques..... En ce qui concerne la recherche des lois exactes, la Nomographie est, comme nous le verrons par quelques exemples, un des bons outils créés par l'ingéniosité des hommes pour arracher à la nature le secret de ses lois ». — Les exemples de M. Soreau sont, en effet, fort éloquents, tant qu'il s'agit des avantages pratiques qui peuvent résulter de la substitution d'un nomogramme à points alignés à un abaque à entrecroisement dont l'un des faisceaux a été déterminé expérimentalement. Telle est l'étude graphique de la consommation d'une machine à vapeur en fonction de la pression initiale et de la pression finale. D'après les tables de Regnault relatives à la chaleur spécifique et à la chaleur de vaporisation de l'eau aux diverses températures, M. Rateau a fait le diagramme logarithmique de la consommation théorique en kilogrammes de vapeur par cheval-heure. Sur ce diagramme les lignes d'égale consommation sont des droites dont on ne peut pas dire si elles sont concurrentes ;

au contraire, sur le nomogramme à points alignés correspondant, les points d'égale consommation se distribuent le long d'une même droite. — Mais nous n'avons obtenu jusqu'ici qu'un nomogramme expérimental, et nous sommes aussi éloignés qu'auparavant de la loi, même empirique, qu'il exprime. Cette loi ne s'obtiendra, finalement, que par l'application de la Théorie des erreurs, soit directement aux tables de Regnault, soit aux nombres qu'on en a déduits et qui ont servi à la construction du nomogramme, que celui-ci soit à entrecroisement ou à points alignés : la Nomographie n'y aura joué aucun rôle.

Un autre exemple présenté par M. Soreau me semble mieux encore soutenir cette opinion. Il s'agit du pouvoir thermo-électrique des métaux vis-à-vis du plomb en fonction de la température de la soudure ; d'après Arenarius et Tait, ce pouvoir s'exprime par une fonction linéaire de la température. Les deux coefficients de cette fonction linéaire se mesurent pour chaque métal, et les résultats de toutes ces mesures s'expriment par un diagramme sur lequel à chaque métal correspond une ligne droite. M. Soreau transforme cet abaque à trois faisceaux rectilignes en un nomogramme à points alignés ; sur celui-ci, chaque métal est figuré par un point, et tous ces points se distribuent, tant bien que mal, dans le voisinage d'une courbe assez régulière. S'il y a une loi, elle est renfermée dans l'allure de cette courbe ; mais, pour la découvrir, est-ce cette courbe même que va étudier M. Soreau ? Pas du tout, c'est un diagramme des coefficients de la fonction linéaire pour les différents métaux. Encore une fois, quel est, dans cette recherche, le rôle de la Nomographie ?

Jusqu'à nouveaux arguments, je me permets donc de croire la recherche des lois naturelles aussi étrangère à la Nomographie que l'est la découverte des faits géométriques à la Géométrie descriptive. Ce n'est pas lui faire tort. Il n'en est pas moins vrai que son importance est fort considérable et que la publication d'un grand Traité systématique et didactique comme celui de M. Soreau est une bonne fortune pour les techniciens qui comprennent que, quelle que soit la théorie qu'ils développent, c'est par des applications chiffrées qu'ils doivent la terminer. Ils placeront le Traité

de M. Soreau à côté de celui de M. d'Ocagne, dans l'espoir d'y ajouter bientôt des albums dans lesquels on aurait réuni les nomogrammes aujourd'hui disséminés dans une foule de publications spéciales, comme ont commencé à le faire, dans des dimensions un peu petites, M. Seco de la Garza, il y a dix ans déjà, dans ses *Nomogrammes de l'ingénieur* (Paris, Gauthier-Villars), et, plus anciennement encore, M. Vaes dans ses *Technische Rekenplaten* (Rotterdam, 1904).

M. d'Ocagne a souligné à diverses reprises le mérite des contributions apportées à la Nomographie par M. Soreau, notamment dans l'Avant-propos de son *Calcul graphique et Nomographie* (p. XXV).

De son côté, M. Soreau vient de faire siennes, dans la Préface de son Traité, ces paroles du Colonel Lafay : « Bien qu'il existât des abaques, et des plus élégants, avant les recherches de M. d'Ocagne, c'est à ce savant ingénieur que revient le mérite d'avoir, comme Monge le fit autrefois pour la Géométrie descriptive, réuni en un corps de doctrine une foule de résultats épars, auxquels il a d'ailleurs ajouté d'importantes découvertes personnelles ». — Ce rapprochement avec la Géométrie descriptive et avec Monge, c'est exactement celui que faisait, ici même, il y a un an, M. Goedseels, dans son analyse de la nouvelle édition du *Traité* de M. d'Ocagne.

M. Alliaume.

**III.** — Conférences sur les Transformations en Géométrie plane, par W. de Tannenberg. — Une brochure grand in-8° de 49 pages. — Paris, Vuibert, 1921.

Ces conférences ont pour objet l'étude des transformations simples de la Géométrie plane, à savoir : translations, rotations, symétries, homothéties et inversions. Après un court rappel des définitions de chacune d'elles, on y trouve les équations qui les caractérisent, considérées avec la théorie des nombres complexes. Un premier chapitre est consacré à l'étude des rotations, translations, symétries, homothéties. L'étude des compositions de ces transformations est abordée ensuite et entreprise tant au point de vue géométrique qu'au point de vue analytique. Ce sont d'abord les compositions de deux transformations de même nom ; ensuite

celles où une rotation s'ajoute à une translation ou à une homothétie. Un chapitre est consacré à l'inversion, ainsi qu'à sa combinaison avec la symétrie. Il est question ensuite des transformations que Darboux a appelées cycliques. L'auteur termine en appliquant la méthode qu'il vient d'exposer à l'intégration d'un système particulier d'équations différentielles. Chaque transformation est considérée comme s'appliquant à tous les points du plan et non à une figure particulière. Ce mode d'exposition, dit l'auteur dans son introduction, a l'avantage de s'adapter aussi bien aux applications analytiques qu'aux applications géométriques. En outre, il met en évidence le rôle essentiel joué par les points doubles dans les problèmes relatifs aux transformations.

J. G., S. J.

CALCUL DES ERREURS ABSOLUES ET DES ERREURS RELATIVES, par W. DE TANNENBERG. — Une brochure in-8° de 36 pages. — Paris, Vuibert, 1922.

En terminant l'introduction de cette brochure, l'auteur formule ce souhait : « Je serais heureux si ces quelques leçons pouvaient contribuer à divulguer une méthode à la fois élégante et pratique ». Ceux qui liront ces pages se convaincront facilement que la méthode aisée et ingénieuse mérite en effet d'être connue et pratiquée. Comment détermine-t-on la limite supérieure de l'erreur absolue commise en réduisant le nombre des décimales d'un nombre décimal donné, ou d'un nombre approché converti en nombre décimal ? Cette question préliminaire résolue, M. de Tannenberg aborde deux problèmes fondamentaux : Déterminer l'erreur commise dans l'application d'une formule arithmétique, connaissant les limites supérieures des erreurs dont les données sont entachées. Trouver l'approximation avec laquelle il faut calculer les données pour que l'erreur commise soit inférieure à un nombre donné. Par des démonstrations simples et faciles, l'auteur est amené à établir des formules dont le grand avantage est qu'elles sont identiques à celles que l'on rencontre dans le calcul des dérivées. Ces mêmes formules sont appliquées, dans la seconde partie du mémoire, à la résolution des problèmes concernant les erreurs relatives

dont les données sont entachées. Quelques applications numériques bien choisies suffisent à mettre en pleine lumière le caractère éminemment pratique de la méthode.

J. G., S. J.

**IV.** — Les autres mondes sont-ils habités ? par l'Abbé Th. Moreux. — Un vol. de 143 pages (19×12), avec 8 planches hors texte. — Paris, Doin, 1923. — Prix : 5 fr.

Le livre de M. Moreux tient en un syllogisme.

La majeure énumère les conditions de la vie (ch. 2). Il s'agit évidemment de la vie telle que l'étudie la science (ch. 1).

Ces conditions, ou du moins plusieurs d'entre elles, ne sont certainement pas réalisées sur la Lune (ch. 3), ni sur les planètes autres que Vénus et Mars (ch. 4).

Ces deux dernières demandent une étude spéciale, qui aboutit d'ailleurs, elle aussi, à une conclusion négative.

On lira avec intérêt l'exposé des idées de M. Lowel (ch. 7) et la critique qu'en fait M. Moreux (ch. 8). On sait que, suivant l'astronome de Flagstaff, les « canaux » de Mars sont, à n'en point douter, l'ouvrage d'êtres intelligents, qui mettent en œuvre des moyens autrement perfectionnés que ceux dont disposent nos ingénieurs terrestres.

A. G.

**V.** — Les Hélicoptères, par M. W. Margoulis, ancien directeur du Laboratoire Eiffel — Un vol. in-8° de 90 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1922.

Si les hélicoptères ne devaient que s'élever et atterrir verticalement, tout en pouvant stationner dans l'espace, leurs applications resteraient limitées à des buts militaires. Aussi s'est-on demandé, en ces derniers temps, s'il ne serait pas possible de réaliser, au moyen d'hélices sustentatrices et propulsives, un appareil qui, tout en pouvant s'élever et atterrir verticalement, serait, en outre, au point de vue de la vitesse, du poids utile transporté et du combustible consommé, propre à rivaliser avec l'avion.

Pour répondre à cette question, les bases expérimentales et les méthodes de discussion manquaient complètement

jusqu'à présent ; M. Margoulis a dû établir les unes et imaginer les autres.

Les essais sur les modèles d'hélices, qu'il a effectués depuis 1918 au Laboratoire Eiffel et à l'Institut de Saint-Cyr, lui ont permis de tracer pour la première fois les courbes caractéristiques du fonctionnement le plus général de l'hélice, correspondant à toutes les incidences entre le plan de rotation et la trajectoire. D'autre part, au moyen d'une méthode graphique spéciale, il a discuté les nombreux résultats des essais effectués jusqu'à présent sur les hélices au point fixe. Il a pu ainsi élucider une question qui, malgré de multiples recherches, prêtait jusqu'à présent à de nombreuses controverses.

Dans la deuxième partie de l'ouvrage, consacrée à la Mécanique de l'Hélicoptère, l'auteur examine l'application des résultats des expériences à l'étude du vol vertical, du vol horizontal et du vol oblique.

Dans l'étude du vol horizontal, il a défini les différents régimes de vol d'un hélicoptère, pour faire ensuite ressortir la correspondance entre ces régimes et les régimes du fonctionnement le plus général d'une hélice, examiné dans la première partie de l'ouvrage.

M. Margoulis s'est surtout attaché à rapprocher le fonctionnement de l'hélicoptère de celui d'un avion, et, à cet effet, il a imaginé de représenter le fonctionnement d'une hélice par des courbes spéciales dites « polaires », employées déjà couramment pour représenter les caractéristiques aérodynamiques des voilures d'avions.

Il a pu ainsi appliquer à l'étude du vol d'un hélicoptère le nomogramme qu'il avait précédemment établi pour l'étude du vol d'un avion, et déduire de là une comparaison intéressante entre les propriétés de ces deux types d'appareils.

A la suite de ces recherches, l'auteur estime que le vol plané avec hélices en autorotation, sur lequel on avait fondé de grands espoirs pour réaliser la sécurité de la descente d'un hélicoptère, en cas de panne de moteur, conduisait à des vitesses verticales incompatibles avec la sécurité du pilote.

D'autre part, l'étude du vol horizontal montre qu'à égalité de vitesse, l'hélicoptère nécessiterait une puissance beaucoup plus élevée que l'avion. Cependant la notion de la

« parabole limite », introduite par l'auteur, permet de prévoir une certaine amélioration avec des hélices d'un pas plus faible que ceux essayés par l'auteur.

L'étude du vol oblique porte surtout sur les avions hélicoptères, constitués par des voilures fixes et des hélices sustentatrices et propulsives ; elle est effectuée au moyen d'une méthode nouvelle de calcul graphique, due au professeur Joukowski et à M. Margoulis.

Elle montre l'existence pour ces appareils, ainsi que pour tout avion à très fort excédent de puissance, d'un régime de vol inconnu jusqu'à présent, pour lequel l'auteur signale certaines particularités telles que l'inversion de l'action des commandes.

Un abaque spécial permet la détermination rapide des différentes trajectoires d'appareils types.

La discussion des différentes questions traitées dans l'ouvrage est effectuée, d'une façon générale, soit par des méthodes de calcul graphique, soit par des méthodes nomographiques et notamment par des nomogrammes à transparent orienté de M. Margoulis, récemment présentés à l'Académie des Sciences de Paris (Comptes Rendus, 26 mai 1922, pp. 1664-1684).

Suivant la remarque que M. d'Ocagne a formulée en le présentant à l'Académie, le nouvel ouvrage de M. Margoulis constitue une contribution intéressante à la fois à l'Aérodynamique expérimentale, à la Mécanique du plus lourd que l'air, et à la Nomographie.

Ph. du P.

**VI.** — Les axiomes de la Mécanique. Examen critique Note sur la propagation de la lumière, par Paul Painlevé, Membre de l'Institut. — Un vol. de xvii-112 pages (19 × 12). Collection « Les Maîtres de la pensée scientifique », Dr Solovine. — Paris, Gauthier-Villars, 1922.

Cette étude se compose principalement (pp. 1-44) du chapitre écrit en 1909 sous le titre « Les Axiomes de la mécanique classique », dans l'ouvrage intitulé « La Méthode dans les Sciences » (Paris, Alcan), et (pp. 45-79) de la communication faite le 1er décembre 1904 à la Société française

de philosophie sous le titre « Les axiomes de la mécanique et le principe de causalité ».

On sait comment l'auteur fixe nettement la signification de ce principe en mécanique, et comment il y rattache les notions de mesures absolues : celles-ci sont les mesures de distances et de temps qu'il est possible de définir par rapport à un certain trièdre de référence, de telle sorte que les mouvements des éléments de l'univers satisfassent au principe de causalité mécanique.

L'introduction (pp. VII-XVII) met au point l'antagonisme des classiques et des relativistes.

La note sur la propagation de la lumière (pp. 81-104) et la note sur le principe de l'action et de la réaction (pp. 104-111) prouvent que bien des hypothèses restent ouvertes pour rendre compte de l'expérience, même dans le cadre des axiomes classiques.

H. DOPP.

EUCLIDE, GALILÉE, NEWTON, EINSTEIN. Pour que tout le monde sache de quoi il s'agit, par M. BOLL, professeur agrégé de l'Université. — Une brochure de 30 pages (20-12). — Paris, Éditions d'actualités, 1922. — 1,50 fr.

Cette plaquette est remarquable à la fois de simplicité et de brièveté : après un exposé lucide des propositions de la science classique qui ont un étroit rapport avec les théories modernes, l'auteur parvient à caractériser celles-ci d'une manière pas trop vague si l'on tient compte de l'interdiction d'employer les mathématiques. Toutefois, il affirme trop catégoriquement les succès expérimentaux des théories nouvelles.

H. DOPP.

**VII.** — LA PRÉVISION SCIENTIFIQUE DU TEMPS, par GABRIEL GUILBERT. Traité pratique. — Un vol. de 439 pages (25×17). — Paris, Challamel, 1922. — 22 fr.

Si loin que soit déjà la chose (1905), j'ai gardé le souvenir du triomphe du météorologiste de Caen (1) à l'exposition de

(1) Actuellement, chef de service à l'Office national météorologique de France.

Liége. Non pas que j'eusse alors un respect bien grand pour cette branche des connaissances humaines, dont un de ses adeptes a dit qu'elle était « la honte de la Science », mais précisément parce que, enfin, il s'en trouvait un qui *prouvait* s'y connaître. Plus d'une fois, depuis lors, je me suis étonné de ne pas voir sa méthode s'affirmer davantage et se divulguer. Aujourd'hui, elle s'affirme et, dans ce livre, elle prétend à se vulgariser « jusqu'à de simples amateurs perdus dans leurs campagnes, mais tous capables d'étudier au grand air en vue de réaliser leur idéal : la prévision du lendemain ».

Quels seront, selon Guilbert, les outils de ces travailleurs isolés ? La girouette, un quelconque anémomètre, le baromètre et l'observation des nuages.

N'allez pas croire pourtant que le premier venu pourra, après dix ou quinze jours d'exercice de la méthode, prophétiser à coup sûr le temps du lendemain. Car, s'il n'y a « point de pluie sans nuage», plus exactement, «sans *cirrus* », ni « d'orage sans *cirro-nimbus* », Guilbert vous avertit que, pour connaître *parfaitement* les nuages, il faut *des années*. Il vous prévient que vous devrez suivre attentivement la « succession nuageuse », n'en oublier un seul, si ténu soit-il.

Vous étudierez le *vent* de surface, apprécierez sa force, noterez sa direction ou ses directions successives ; vous saurez qu'il tombe vers le soir et qu'il change souvent pendant la nuit. Vous apprendrez enfin que les vents faibles ou nuls attirent les cyclones et que ceux-ci profitent fréquemment du calme nocturne pour faire, parfois, de formidables bonds de centaines, sinon de milliers de kilomètres.

Votre baromètre aura son *mince* repère du jour précédent exactement affleuré, pour que son mouvement d'aujourd'hui, si petit soit-il, puisse être observé. M. Guilbert se charge de vous apprendre à tirer, de ces changements, en apparence négligeables, des conclusions basées sur 25 (27) règles, à lui personnelles, résumé et déduction de *quarante* années d'observations quotidiennes et de *prévisions publiées avant réalisation* avec une certitude de 80 à 95 %.

Une première partie du livre donne les principes de la méthode : le *vent* est *cause* de la *pression* ; c'est la thèse favorite de l'auteur. Il est *normal*, c'est-à-dire proportionnel

au gradient barométrique des isobares, ou *anormal*, par excès ou par défaut, et cela a d'énormes conséquences qui sont détaillées. Les isobares se déplacent sous l'action du vent.

Les *nuages* ne sont pas tous de même nature. Les plus importants sont les *cirrus*, nuages d'aiguilles de *glace*, que leur poids oblige à *descendre à mesure qu'ils avancent*, jusqu'à ce qu'ils *laissent tomber la neige*, laquelle se résout en pluie quand la température n'est plus assez basse pour que l'eau reste congelée. La pluie, la vraie, pas la bruine, est de la neige fondue : autre thèse de l'auteur.

Les nuages se succèdent en hauteur et dans les temps, dans un ordre constant, avec une marche tantôt rapide ou très rapide, tantôt lente, même excessivement lente, et cela *en temps ordinaire, comme en temps orageux*. Nouvelle thèse.

La seconde partie, *pratique*, applique les règles dans une foule de situations atmosphériques supposées (sans doute, précédemment observées) à l'usage de Monsieur Tout-le-monde. Elle est extrêmement intéressante.

La troisième est une défense de la méthode de l'auteur, avec, naturellement, la démolition de celles des autres. De ceci, certains lecteurs pourront estimer qu'on peut se passer. Il y a, cependant, des choses qu'il faut savoir dire, en riant, quand la chose a peu d'importance, en *tapant* quand l'adversaire est sourd ou ne veut pas entendre. M. Guilbert *tape* quelquefois un peu dur. Il semble en avoir de sérieuses raisons.

Et l'hygromètre ? direz-vous. M. Guilbert n'en a cure. C'est peut-être sa réponse à la thèse de la « Kultur » qui affirme que le *vent*, n'étant « qu'un *effet*, est aussi inutilisable que possible quant aux variations de pression ». Il faut louer l'auteur de jouer si bien d'un instrument qui n'est bon à rien !

Nous sommes extrêmement heureux de recommander le bel ouvrage de Guilbert. Tout de même, il serait intéressant de connaître la méthode de celui qui, venu d'Allemagne pour la prévision du temps, au front de l'Yser, affirmait, à un de mes collègues, *ne s'être jamais trompé une seule fois* et qui, avec un gros soupir, avouait l'inutilité de tout son travail « und das alles umsonst ! »

Si c'était la méthode Guilbert ! ? PH. BIOURGE.

**VIII.** — La Chimie des complexes inorganiques. Adaptation française de l'ouvrage de Robert Schwarz, Professeur à l'Université de Fribourg en Brisgau, par André Juliard. — Un vol. (13 × 21) de VI-72 pages avec 41 figures. — Paris, Dunod, 1922.

Dans la chimie moderne il est beaucoup question des complexes, et cette notion, d'abord un peu vague, s'est peu à peu précisée et étendue. Que faut-il entendre par complexes ? D'après M. Urbain, la définition du complexe varierait suivant qu'elle émane d'un chimiste spécialisé dans la chimie organique, dans la chimie minérale ou dans l'électrochimie (1); dans les trois définitions cependant on pourrait trouver un élément commun : les complexes sont des combinaisons compliquées admettant comme constituants immédiats des molécules déjà toutes faites, absolument comme les autres corps ont comme constituants immédiats les atomes des éléments ; c'est pourquoi on appelle aussi les complexes des « composés d'ordre supérieur ». Parfois on a voulu restreindre la notion de complexes aux seuls composés dans lesquels les réactions des constituants restent masqués, tel, par exemple, le ferrocyanure de potassium, dans lequel il est impossible de déceler par les réactifs ordinaires du fer ou du cyanogène la présence de cet élément ou de ce radical, et on donnait alors le nom de sel double à ces combinaisons moléculaires, comme les aluns dont les constituants se manifestent aisément à leurs réactifs habituels. Mais cette distinction n'a rien de bien absolu, car entre ces deux sortes de composés il n'est pas possible d'établir une limite nette et précise, et puis le fait que ces sels en solution s'ionisent en donnant divers cations ou anions n'enlève rien de la difficulté qu'il y a à expliquer la formation de la molécule complexe.

On doit donc considérer comme complexes tous les composés inorganiques qui ne sont pas du type acide chlorhydrique, ou eau, ou ammoniaque ; appartiendront ainsi à cette catégorie, non seulement les amines telles que $PtCl_4,2NH_3$, $CoCl_3,6NH_3$, et les sels doubles $AuCl_4K$, $(SO_4)_2AlK$, mais aussi

(1) G. Urbain, *Les disciplines d'une science. La Chimie*, p. 274.

ce qu'anciennement on appelait hydrates, comme la chaux $Ca(OH)_2$ et les oxyacides, par exemple $H_2SO_4$, $HNO_3$ ; ce qui fait rentrer dans la même catégorie les oxy- et sulfosels tels que $CaCO_3$, $(NH_4)_2SnS_4$.

Pour expliquer la genèse et les réactions des composés plus simples dont les composants sont des éléments de forte électro-affinité, la théorie classique de la valence suffit ; cette théorie réussit même à rendre compte de la réaction des oxydes sur l'eau, mais en attribuant aux molécules de l'oxyde la faculté de se « réorganiser », c'est-à-dire qu'une des deux valences qui rattachent l'atome de l'oxygène au métal ou au métalloïde se romprait, et ce seraient les deux valences ainsi libérées qui fixeraient la molécule d'eau, elle aussi préalablement scindée en O et OH Cette théorie, pour plausible qu'elle paraisse à première vue, n'est pas cependant sans présenter de sérieuses difficultés et résiste difficilement à une critique quelque peu serrée. Et d'abord, comment se fait-il alors que des anhydrides tels que $SiO_2$, $P_2O_5$, $SO_3$, $Cl_2O_7$, au lieu de donner, comme on devrait, semble-t-il, s'y attendre, des hydrates de la forme $Si(OH)_4$, $P(OH)_5$, $S(OH)_6$, $Cl(OH)_7$, donnent au contraire des acides de la forme $SiO_4H_4$, $PO_4H_3$, $SO_4H_2$, $ClO_4H$, c'est-à-dire des molécules renfermant toutes quatre atomes d'oxygène et un nombre d'atomes d'hydrogène tout juste égal à celui qu'on trouve dans les hydrures respectifs de ces métalloïdes : $SiH_4$, $PH_3$, $SH_2$, $ClH$, et cela malgré la diversité des formules des anhydrides ? Et puis pourquoi la combinaison moléculaire

$$2ClK + SnCl_4 \rightarrow SnCl_6K_2$$

aurait-elle un mécanisme différent de la réaction tout à fait semblable

$$S(NH_4)_2 + SnS \rightarrow SnS_2(NH_4)_2 \ ?$$

Or, dans la première, qui est une addition de métalloïdes monovalents, quelle que soit la réorganisation moléculaire, il ne peut être question de libération de valences.

Pour expliquer cette capacité de certaines molécules complètement saturées de se combiner ultérieurement, Werner a établi la théorie des coordinations. Outre la valence ordinaire, appelée aussi valence principale ou électrolytique,

et dont la grandeur constitue l'électrovalence de l'élément, certains éléments, ceux surtout qui dans la classification de Mendeléeff se situent à peu près à égale distance de deux gaz rares consécutifs, et qui se caractérisent par leur faible électro-affinité, possèdent des valences secondaires ou contravalences. C'est par l'intermédiaire de celles-ci, qui d'ailleurs peuvent ne pas être toutes satisfaites, que les molécules se combinent. Le nombre total de valences, tant principales que secondaires, constitue ce qu'on appelle la valence de coordination. Celle-ci, pour un élément donné, est une constante, il n'y a pas de rapport fixe entre cette grandeur et la valence électrolytique ; rarement cependant elle est inférieure au double de la valence principale ; pour beaucoup d'éléments elle est égale à six, pour d'autres à quatre. Certains atomes fixent donc directement par leurs valences principales et leurs contravalences un certain nombre de molécules et de radicaux et constituent ainsi, en jouant le rôle d'atome central, un noyau complexe possédant des réactions propres caractéristiques, différentes des réactions des composants. Les molécules et radicaux contenus dans ce noyau sont dits « coordonnés » à l'atome central ou se trouver « en première zone » du complexe. Pour marquer le lien spécial qui unit l'atome central aux corps coordonnés l'ensemble est mis entre crochets. En solution aqueuse le noyau ne subit guère la dissociation électrolytique, du moins en général. Mais ce noyau peut être ultérieurement combiné avec d'autres éléments ou radicaux se trouvant en « seconde zone » ; ceux-ci en solution aqueuse s'ioniseront et la valence électrolytique du noyau est égale à la somme algébrique des électrovalences de ses éléments constitutifs. L'introduction dans le noyau de molécules toutes formées ne modifie donc en rien son électrovalence. Ainsi $[Co(NH_3)_6]$ est un cation trivalent ; $[Co(NH_3)_4(NO_2)_2]$ un cation monovalent ; $[Co(NH_3)_3(NO_2)_3]$ un noyau électriquement neutre ; $[Co(NH_3)_2(NO_2)_4]$ un anion monovalent ; $[Co(NO_2)_6]$ un anion trivalent, etc.

La plupart des manuels de chimie donnent fort peu de détails sur les complexes ; ce petit traité sur *La chimie des complexes inorganiques* vient donc combler une lacune. Ceux qui s'intéressent à cette branche de la chimie dont

l'importance devient de jour en jour plus considérable, y trouveront de quoi s'initier à cette nouvelle systématique. Après une introduction montrant l'insuffisance de la théorie des valences et donnant brièvement l'historique des coordinations, l'auteur donne un exposé succinct de cette théorie, en développant successivement les contravalences, la constitution générale des complexes, l'ion complexe, la nomenclature et la classification des complexes et enfin leur constitution ainsi que les cas d'isomérie qu'on y rencontre.

Jos. Pauwels, S. J.

Fresénius, C. R. Traité d'analyse chimique qualitative. Entièrement refondu par Th. W. Fresénius. 12e édition française, rédigée d'après la 17e édition allemande par M. Frenkel, Docteur ès sciences. — Un vol. in-8° de xx-384 p. avec fig. et 1 pl. en couleurs. — Paris, Masson. 1922. — 60 fr.

C'est pendant l'hiver 1840-41 que Fresénius fit paraître la première édition de son traité de chimie analytique. Celui-ci se réduisait à la marche systématique de l'analyse qualitative. De prime abord le livre eut un succès extraordinaire ; déjà en 1842, il fallait une deuxième édition, et une troisième, en 1844. A la marche systématique, l'auteur ajoutait toute la partie préliminaire, en sorte que l'ouvrage forma un tout se suffisant à lui-même. Dès la même époque, on le traduisit successivement en néerlandais, en anglais, en français, en italien : il devenait le livre dans lequel la plupart des chimistes du monde entier allaient se former à la pratique de l'analyse qualitative. Dans l'Avant-Propos qu'il fit pour la deuxième édition allemande, Liebig nous donne l'explication de cet étonnant succès : « M. Fresénius, dit-il, a appliqué pendant les deux derniers semestres le procédé qu'il a publié dans son Traité d'analyse chimique qualitative. J'ai pu constater par moi-même combien cette méthode est simple, facile à saisir, et combien elle peut rendre de services : aussi je la recommande à tous ceux qui veulent s'habituer aux analyses de chimie minérale ». Et C. Forthomme, dans la préface de la traduction qu'il fit paraître en 1866 écrit : « Sans doute nous avons quelques traités d'analyses originaux faits en France par des maîtres savants, mais il n'en est pas, de

l'avis de tous, qui soit fait sur un plan aussi commode, aussi clair, surtout aussi facile et aussi complet, tout en restant élémentaire, que celui dont nous publions la traduction ». C'est ce qui explique pourquoi la méthode de Fresénius est devenue classique et aussi pourquoi dans sa marche générale elle a si peu changé. Ce n'est pas à dire qu'elle n'a pas connu des perfectionnements ; l'auteur lui-même, et après lui, ses fils, continuateurs de son œuvre, n'ont cessé de tenir les éditions successives du Traité au courant de tous les progrès réalisés par eux-mêmes ou par d'autres dans cette branche de la science.

Dans la partie théorique de son ouvrage, dans sa nomenclature et sa notation, Fresénius adhérait au système dualistique ; c'était tout naturel : cette théorie, défendue avec acharnement par Berzélius, semblait la mieux appropriée pour rendre compte des réactions utilisées en chimie analytique. Cependant bientôt un certain nombre de faits nouveaux venaient ébranler et renverser le système; malgré tout, la chimie analytique resta de longues années affublée de ces théories antiques, de tournures vieillies, d'habits démodés. « Quand il s'agit d'analyse, écrivait en 1894 Ostwald dans sa Préface des *Principes scientifiques de la chimie analytique*, on ne se fait nul scrupule de présenter les faits sous une forme qui était déjà surannée il y a cinquante ans. C'est ainsi qu'aujourd'hui encore on se croit permis d'user d'expressions empruntées au dualisme électrochimique de 1820 ; on admet, par exemple, $K_2O$ et $SO_3$ comme éléments constitutifs du sulfate de potassium, et l'on n'est pas plus avancé lorsqu'on fait entrer dans le calcul le chlore tel quel, et qu'on déduit de la masse totale son équivalent par rapport à l'oxygène ». Ce qui pouvait un peu justifier cette routine c'est qu'on n'était pas encore parvenu à donner une base solide ni une explication scientifique à la chimie analytique, et cela parce que la chimie théorique elle-même n'avait pas eu à son service, jusque-là, des connaissances et des lois générales. Cependant, depuis que la théorie générale des phénomènes chimiques et des états d'équilibre s'est développée, depuis surtout que la théorie ionique est venue donner une interprétation commode d'un grand nombre de phénomènes auparavant difficiles à expliquer, il a été possible de construire

une théorie de la chimie analytique. Dès lors, il semblait tout naturel d'enseigner la chimie analytique d'après ces nouvelles théories ; malgré tout, le nombre de manuels de chimie analytique qui se sont inspirés de ces nouvelles idées n'est pas considérable. Il y faut en effet une refonte de la partie théorique et même une transformation complète.

Dans le laboratoire « Fresénius » tout l'enseignement théorique et pratique se fait d'après les nouvelles théories. Les élèves y cherchent non pas le fer au maximum ou au minimum, l'acide sulfurique combiné ou libre, mais l'ion ferrique ou ferreux, l'ion sulfate et l'ion hydrogène. M. Th. W. Fresénius n'a donc pas hésité à entreprendre ce travail énorme qui consistait à remanier complètement le *Traité d'analyse qualitative* composé par son père. Dans cette tâche toutefois, « il a veillé avec le plus grand soin à conserver intact, dans son unité éducative et méthodique, le caractère du livre, indépendamment des opinions théoriques » (1). Un point nous a quelque peu étonné. Au lieu d'employer des solutions dont la concentration est en rapport avec la normalité, comme le font Böttger, Treadwell, le nouveau « Fresénius » préfère s'en tenir à l'ancienne manière et préparer pour chaque espèce de réactif une solution de la force appropriée à son mode d'emploi habituel sans tenir compte des rapports réciproques entre les volumes des diverses solutions. Qu'on ait remplacé la lessive de potasse ou de soude, le bicarbonate de soude et même le bisulfate de potassium ainsi que l'hyposufite par l'hydroxyde, l'hydrocarbonate, l'hydrosulfate, le thiosulfate, c'est très bien, mais était-il nécessaire de proscrire aussi les expressions anhydride carbonique et anhydride sulfureux pour les remplacer par bioxyde de carbone et bioxyde de soufre ?

Jos. Pauwels, S. J.

Los Pesos moleculares. Estudio Fisico-Quimico teórico y practico, por el P. Eduardo Vitoria, S. I., Doctor en Ciencias, Director del Instituto Quimico de Sarria. — Un vol. (26 × 18) de xvi-350 pages, avec 135 figures dessinées à la main. — Barcelone, Casals, 1922.

(1) Préface de la 17e édition.

Le R. P. Vitoria n'en est pas à son premier ouvrage. Outre un grand nombre d'articles de revues, il a fait paraître en 1910 son *Manual de Quimica Moderna*, qui en est à sa 6e édition, et devenu classique en Espagne, en Amérique latine et aux Philippines. Dans le domaine de la chimie physique, nous avions eu de lui en 1907 ses *Conferencias de Quimica moderna* suivies en 1911 de la *Catalisis Quimica*. C'est des *Conferencias*, ou plutôt d'une partie de celles-ci, que le Père nous donne une nouvelle édition. Toutefois, l'ouvrage a été tellement remanié, augmenté, mis à point que c'est bien plus un tout nouveau traité qu'une simple réédition.

L'auteur se propose de faire une étude approfondie sur la molécule chimique. Étude bien intéressante et actuelle : en effet, dans ces dernières années que de découvertes dans ce domaine ! que d'hypothèses, de théories émises ou hasardées, qui, si elles se trouvent quelque jour vérifiées, ne manqueront pas d'avoir leur écho dans d'autres sciences, et certainement ne pourront passer inaperçues en cosmologie ! Ces faits, ces hypothèses, le R. P. veut les exposer en toute impartialité, et en établir le degré de probabilité. Nul mieux que lui ne pouvait y réussir.

Dans le présent volume, il s'en tient à la seule question de la détermination des poids moléculaires. Peu de théorie, tout juste ce qu'il faut pour faire comprendre la valeur des méthodes ; par contre, les procédés opératoires sont décrits dans les moindres détails. Et on ne s'en tient pas aux procédés usuels ; même les procédés surannés, peu employés, sont décrits et examinés ; pour chaque méthode, les instruments sont décrits avec soin et minutie, les perfectionnements apportés à la méthode sont énumérés, les précautions à prendre indiquées et les résultats obtenus analysés.

Le volume est divisé en six parties. La première donne quelques notions théoriques sur les lois fondamentales des gaz, la théorie d'Avogadro, et les relations entre les densités à l'état gazeux et le poids moléculaire. Dans la deuxième partie l'auteur traite des différentes méthodes employées pour la détermination des poids moléculaires des substances gazeuses et des vapeurs. Il passe assez rapidement sur la méthode chimique, ainsi que sur certaines méthodes physiques peu employées, telles que la méthode acoustique, et

la méthode basée sur la vitesse de diffusion des gaz, pour s'étendre davantage sur les méthodes plus employées de Dumas, de Hofmann, de Victor Meyer. Dans les parties suivantes, il traite de la détermination du poids moléculaire des autres substances, et examine successivement la méthode cryoscopique, la méthode ébullioscopique, la méthode réfractométrique, la méthode osmotique ; enfin il termine par quelques notions sur les électrolytes.

Ce court aperçu montre l'ampleur que le Père a su donner à cette question. Nous ne croyons pas qu'il existe sur la détermination des poids moléculaires un traité aussi précis et aussi complet. Nous espérons que bientôt l'infatigable Directeur de l' « Instituto Quimico de Sarria » nous donnera, comme il le promet, la suite de son étude physico-chimique sur « La Molécula Quimica ».

JOS. PAUWELS, S. J.

IX. — COURS DE CHIMIE (Métaux et Cations), par MARCEL BOLL, Professeur agrégé de l'Université, Docteur ès Sciences, et GEORGES ALLARD, Licencié ès Sciences Mathématiques et Physiques. — Un vol. in-8° de XXI-352 pp. — Paris, Dunod, 1922.

En rendant compte dans la REVUE (1) du premier volume du *Cours de Chimie* par M. Marcel Boll, nous avons surtout insisté sur le caractère éminemment didactique et d'actualité de cet ouvrage. Le second volume que M. Boll a publié en collaboration avec M. G. Allard mérite le même éloge. Ce n'est pas un de ces nombreux manuels traitant des métaux en donnant leurs monographies plus ou moins complètes, ainsi que la description du plus grand nombre possible de leurs combinaisons. De tout cela les auteurs offrent seulement ce qui est réellement nécessaire ou véritablement utile pour l'introduction à une étude approfondie de la Chimie. Mais leur attention principale se porte sur les généralités, et ici ils méritent vraiment un éloge exceptionnel. Mentionnons, pour en donner la preuve, les titres des six premiers chapitres : I. Le système périodique des élé-

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 3e série, tome XXIX, p. 493

ments ; 2. Volume atomique et propriétés élastiques des métaux ; 3. Propriétés thermiques et changement d'état ; 4. Propriétés électromagnétiques des métaux ; 5. Propriétés plastiques des métaux ; 6. Propriétés des métaux écrouis. Citons encore les chapitres 11 et 12 sur les transformations réciproques des métaux et des cations ; les propriétés générales des solutions salines ; de même le chapitre 16 : les terres rares ; l'homéomérie ; le chapitre 25 sur la radioactivité ; le chapitre 26 : les nouvelles théories sur l'affinité chimique. Ces titres montrent déjà combien cet ouvrage diffère des nombreux manuels voulant initier l'étudiant à la connaissance des métaux. Mais cette différence se montre aussi dans l'étude même de chaque métal et de ses composés.

En résumé, l'éloge que M. le Professeur Darzens a donné au premier volume du *Cours de Chimie* s'applique également au présent volume. C'est un livre d'enseignement clair et précis qui répond aux exigences actuelles et se délivre des conventions coutumières à ces sortes d'ouvrages. Aussi le recommandons-nous chaudement non seulement aux étudiants, mais également aux Professeurs, qui y trouveront « les idées les plus neuves, l'exposition des lois les plus importantes », et les théories les plus récentes.

H. DE GREEFF, S. J.

**X.** — ROCKS AND THEIR ORIGINS, par GRENVILLE A. J. COLE, Professor of Geology in the Royal College of Science for Ireland. — Un vol. cartonné in-8° de VIII-175 pages et 20 fig. THE CAMBRIDGE MANUALS OF SCIENCE AND LITERATURE, n° 35.—Cambridge, University Press, 1922.—Prix : 2 sh.

L'excellent opuscule du prof. Cole est un type d'ouvrage de vulgarisation et l'on ne sera pas surpris qu'il atteigne, après dix ans, malgré la parenthèse de la guerre, une seconde édition.

Sous le titre *A propos des roches en général*, le 1er chapitre donne un exposé fort objectif de l'historique de la pétrographie. Bien que son compatriote, H. C. Sorby, ait joué fort tôt (1850) un rôle prépondérant dans le développement de cette science, l'auteur met en lumière les travaux des vrais fondateurs : Alexandre Brongniart (1827) et Cordier.

Ce dernier rapporta de la Campagne d'Égypte de Bonaparte des observations ingénieuses qui devaient bientôt faire entrer le microscope dans la technique des recherches pétrographiques.

Le plus novice des amateurs de géologie se doute bien que la pétrographie a pour objet l'étude des roches d'origine ignée et des roches métamorphiques, qu'il ne discernera d'ailleurs pas toujours les unes des autres. De celles-ci traitent les deux derniers chapitres de l'ouvrage.

Il est moins généralement connu que les pierres d'origine clastique, biologique ou chimique peuvent elles aussi révéler, grâce au microscope, leur histoire et jusqu'aux épisodes de celle-ci. Sans même prétendre à devenir un homme de science, l'observateur curieux lira avec satisfaction et profit les chapitres sur les calcaires, les grès et les argiles.

Une illustration sobre, mais bien choisie, souligne la caractéristique que chaque genre de roche imprime aux paysages.

G. Schmitz, S. J.

Studies on the cyclostomatous bryozoa, par Ferdinand Canu, de Versailles et Ray S. Bassler, de Washington, district de Colombie. — Un vol. in-8° de 160 pages et 28 planches. N° 2443 des Proceedings of the United States National Museum, Vol. 61, Art. 22.— Washington, Government Printing Office, 1922.

Le bryozoologue américain Ray S. Bassler, qui collabora autrefois avec E. O. Ulrich, s'est associé maintenant avec un spécialiste français de première marque, M. Canu de Versailles, pour mettre au point l'étude des bryozoaires, ces délicats petits mollusques dont nous connaissons d'innombrables variétés depuis l'âge silurien jusqu'à nos jours.

Il y a beau temps que d'Orbigny les avait décrits, principalement au tome V du Terrain crétacique de son immortelle « Paléontologie française ». Mais les temps ont marché. Les matériaux se sont multipliés, fournis par les gisements les plus divers, et aussi la technique des études microscopiques a aidé à élucider de nombreux problèmes.

Nous voici en possession d'une revision complète des Bryozoaires Cyclostomes, le plus nombreux des sous-ordres.

Les auteurs en sont venus à cette publication à la suite des énormes études comparatives auxquelles ils ont dû se livrer pour leur grand ouvrage : « North America Early Tertiary Bryozoa » (1920).

C'est d'autant plus intéressant qu'ils ont été amenés à reprendre pour leur compte le principe de classification, déjà proposé par Waters et qui se base sur les ovicelles, c.-à-d. les organes de reproduction. Abandonner un principe artificiel de classification est évidemment un progrès appréciable, auquel on ne peut qu'applaudir.

Pour compléter le présent mémoire, MM. Canu et Bassler nous annoncent la parution prochaine d'une étude définitive, également revisée, sur les bryozoaires du crétacé inférieur recueillis dans les célèbres gisements classiques de Farringdon (Angleterre) et de Sainte-Croix (Suisse).

Espérons que de pareils travaux, conçus dans un esprit nettement scientifique, permettront plus aisément à des commençants de se vouer à une étude des plus attrayantes, dont l'objet est loin d'être épuisé.

G. Schmitz, S. J.

**XI.** — L'oiseau et son milieu, par Maurice Boubier, Docteur ès sciences. — Un vol. in-12 de 287 pages. Bibliothèque de philosophie scientifique. — Paris, Ernest Flammarion, 1922. — Prix : 6,75 fr.

Autrefois les atlas, qui donnaient la reproduction des divers types d'animaux ou de plantes constituant la faune ou la flore du monde, s'attachaient surtout à rendre le plus parfaitement possible l'individu. Depuis quelque vingt ans on s'est rendu compte que c'est là une façon fort incomplète, voire antinaturelle, de procéder. L'individu enlevé de son cadre ne répond qu'à la classification systématique, qui est, à tout prendre, ce qu'il y a de plus artificiel dans l'étude de la nature. Aussi n'a-t-il pas fallu de longs efforts pour faire admettre qu'une représentation plus vivante avait une énorme supériorité. Au lieu de camper l'individu isolé sur la blancheur de la page, ne serait-il pas plus parlant, et partant plus éducatif, de reproduire l'animal ou la plante dans sa situation la plus habituelle au milieu d'un paysage,

si fragmentaire soit-il, qui fasse comprendre par ses détails l'habitat et jusqu'aux mœurs de l'être figuré ?

La généralisation de ce progrès ne s'est pas fait a tendre uniquement parce que les auteurs n'y avaient pas songé, mais parce que alors les procédés de l'illustration étaient encore onéreux et tout particulièrement les procédés colorés. Maintenant que de grands perfectionnements se sont introduits sous ce rapport en typographie, on a pu songer — au moins avant la guerre — à recourir à des représentations scéniques, qui, pour la vulgarisation, se sont étendues jusqu'à la confection de cartes postales d'un rôle éducatif hautement appréciable.

Nous savons que ce perfectionnement de la vulgarisation scientifique n'en est pas resté aux reproductions typographiques, il s'est introduit dans les Musées où les visiteurs trouvent maintenant, en plus des séries systématiques, plus utiles aux spécialistes, des groupements scéniques et jusqu'à des dioramas offrant au public de vraies tranches de la vie animale et végétale. Nous le savons d'autant mieux, qu'un de nos éminents confrères de la Société scientifique, le Dr Hector Lebrun, a été un apôtre de ce perfectionnement en Belgique.

L'ouvrage de M. Boubier n'est qu'une magnifique réalisation de ce procédé scientifique qui consiste à ne pas isoler, pour l'étudier, l'oiseau de son milieu biologique. Si le cadre de la « Bibliothèque de philosophie scientifique » permettait l'illustration mise en parallèle avec le texte, on aurait ici une œuvre qui au point de vue de la haute vulgarisation, n'aurait pas son pareil.

Tel quel cet ouvrage a déjà d'éminentes qualités. Il représente une documentation énorme. Nous ne pouvons que regretter la rareté des notes. Elles nous auraient fourni, sans plus, une bibliographie intéressante et utile.

On regrettera aussi l'abondance des noms latins, qui ne disent presque rien à celui qui n'est pas un peu familiarisé avec la taxinomie ornithologique. L'illustration, si elle avait été possible, aurait donné tous ses avantages à cette copieuse énumération.

Quoi qu'il en soit, sans le déflorer, disons quelques mots du contenu de l'ouvrage lui-même.

Un premier chapitre, « Les agents morphogènes », établit que la lumière, la chaleur, l'hygroscopicité et les aliments réagissent principalement sur l'organisme de l'oiseau.

Les milieux que l'oiseau habite et qui réagiront également sur lui, seront l'air, les eaux, les terres boisées (arboricolisme) et celles qui ne le sont pas (humicolisme). On pourrait se demander, la population du globe allant en se densifiant sur des plages nombreuses et assez étendues, s'il n'y aurait pas lieu d'étudier aussi l'influence des milieux habités. Si peu qu'on observe les oiseaux, on a pu voir que certaines cultures, certaines industries même amènent des cas de sédentarisme. D'autres n'amènent-elles pas l'accentuation du déplacement, si pas de la migration ? Le facteur homme pourrait, nous semble-t-il, être utilement pris plus en considération.

Ceci nous conduit au problème de la migration, traité au chapitre VI. N'est-il pas étonnant que le fait de la migration, déjà entrevu par Aristote et mieux connu par Pline, ait dû attendre une étude péremptoire jusqu'au dernier quart du XIXe siècle ? Vers 1880 Palméri donna un essor nouveau aux recherches sur la migration et les Congrès internationaux d'ornithologie (le dernier aurait dû se tenir en 1915 à Sarajevo !) centralisèrent les observations. Elles aboutirent à des précisions, heureusement condensées par l'auteur dans sa carte très parlante de la page 82.

Cette étude faite, l'auteur examine (chap. VII) les aires que couvrent les populations avicoles et leur densité. Puis il passe à la description de l'ornis propre aux lacs, aux marais, aux océans, aux deux régions polaires, etc., etc. Ces huit chapitres sont du plus haut intérêt, remplis qu'ils sont de mille observations de mœurs qui mettent en lumière les merveilles de l'instinct. Enfin, le dernier chapitre forme comme une répétition, qui complète la vue d'ensemble, en décrivant les faunes sédentaires, errantes ou migrantes des diverses régions géographiques du globe.

Ces données géographiques, comme celles qui les précèdent, pourraient être de quelque utilité aux artistes de la plume, du crayon , voire du pinceau. On est parfois surpris que soient nommés dans une description littéraire, ou reproduits dans un paysage, des êtres qui naturellement n'appartiennent pas au milieu que l'artiste évoque. Il serait sévère d'exiger

de tous une connaissance approfondie de la nature, mais encore ne serait-ce pas excessif de demander qu'on se renseignât quand on se meut sur un terrain où l'on n'est pas chez soi. La couleur locale des œuvres y gagnerait — ce qui n'est, en somme, qu'une parcelle de plus de vérité.

G. LAMINE.

LES MERVEILLES DE LA VIE DES INSECTES. I. *Les métamorphoses.* — II. *La prévoyance maternelle. L'ordre et l'harmonie dans la nature.* Conférences de vulgarisation scientifique, par ERN. POLEUR, professeur à l'École moyenne de Liége. Deux brochures de 46 et 62 pages avec figures. — Liége, Georges Thone, 1922. — Prix : 1,50 fr. l'une et 2,00 fr. l'autre.

L'avant-propos de M. Poleur est des plus modestes et vrai. Il ne prétend pas offrir au lecteur une œuvre originale ni même littéraire. Il s'en va, parmi les auditoires les plus divers, donnant des conférences de vulgarisation pour faire connaître, admirer et aimer la nature. Ces brochures ne doivent être qu'un aide-mémoire à l'intention des auditeurs.

A défaut de toute autre préoccupation supérieure, l'auteur se garde bien de jamais écrire Nature sans majuscule. La seule fois qu'il aborde des « Considérations d'ordre plus élevé » et qu'il se demande ce qu'est la vie, l'intelligence humaine ou l'instinct, il laisse son auditoire sur le point d'interrogation. C'est peu quand on veut instruire !

D'autre part, M. Poleur termine la seconde série par une « Conclusion » qui ne conclut à pas grand'chose. « A étudier, dit-il, les mœurs de ce petit monde entomologique, on se rend compte du rôle primordial qu'il joue dans l'économie générale.... Pourrions-nous concevoir l'existence de l'abeille sans la fleur ; celle de l'ichneumon sans les larves et les chenilles, qui, à leur tour, ne peuvent se passer de la plante ? »

Voltaire, lui, n'avait pas honte d'écrire : « L'univers m'embarrasse ; et je ne puis songer que cette horloge existe, et n'ait point d'horloger ». *(Satires. Les cabales.)*

G. LAMINE.

XII. — DAS LABIALSEGMENT, DIE GLIEDERUNG DES THORAX UND DIE STIGMENVERTEILUNG DER INSEKTEN IN NEUER

BELEUCHTUNG von Dr H. S. FEUERBORN, Privatdozent und I. Assistent am Zoologischen Institut in Kiel (ZOOL. ANZ., Bd LIV, Nr 3/4, pp. 49-87, 14 fig.), 1922.

Dans ces pages, l'auteur s'efforce de montrer comment il serait possible de réduire les nombreuses difficultés surgissant aussitôt que l'on généralise les curieuses conclusions de ses précédentes recherches sur la segmentation thoracique des Psychodides.

En étudiant ces insectes sous leurs différents états, il fut conduit à admettre que l'aile des mouches se rattache au troisième segment thoracique plutôt qu'au second, comme on l'avait généralement admis avant lui.

Maintenant, Feuerborn suggère que le véritable second segment thoracique, celui qui porte la première paire des stigmates, n'est pas le mésothorax. Il s'agit d'un segment supplémentaire existant chez tous les insectes. Seulement, tantôt il est soudé au prothorax (« protérozygie » analogue à celle de la larve des Psychodides) ; tantôt il l'est au mésothorax (« deutérozygie » comme chez les adultes des Psychodides) ; et voilà pourquoi ce second segment aurait été auparavant méconnu.

Évidemment, parmi les nombreux faits cités par Feuerborn en faveur de ces idées, il n'en est pas un seul qui soit réellement probant. A ce sujet, l'auteur déclare d'ailleurs ne pas se faire illusion : ce sont simplement des hypothèses de travail qu'il nous présente. L'avenir seul dira jusqu'à quel point elles sont fécondes.

F. CARPENTIER.

STUDIO SULLO SVILUPPO POSTEMBRIONALE DELLE VARIE RAZZE DEL BOMBYX MORI L. : I, L'EVOLUZIONE LARVALE DELLA RAZZA (BIVOLTINA) BIANCA GIAPPONESE NIPPONNISHIKI, par G. GRANDI (BOLLETTINO DEL LABORATORIO DI ZOOLOGIA GENERALE E AGRARIA della R. Scuola superiora d'Agricoltura in Portici, vol. XVI, pp. 137-206, 14 fig. dans le texte), 1922.

On connaît les recherches entreprises par le prof. G. Grandi sur les Chalcidides du figuier : elles ont enrichi de documents de premier ordre la science morphologique de l'insecte. Chez

d'extravagantes et infimes bestioles, l'auteur a analysé et interprété les moindres détails du squelette chitineux.

Ces précédents expliquent que le Prof. G. Grandi ait encore trouvé à glaner abondamment sur un terrain que les autres naturalistes avaient pourtant déjà passablement fréquenté. Il a constaté que la simple structure extérieure d'un insecte aussi vulgaire que le ver à soie était imparfaitement connue. C'est à cette lacune, regrettable au point de vue de la science pure comme à celui de la science appliquée, qu'il a entrepris de remédier.

Dans ce but, le savant auteur a voulu s'appuyer sur des bases tout à fait objectives et il a fait porter son étude sur plusieurs races différentes de vers à soie ; il en scrute séparément les stades successifs, sur un certain nombre d'individus.

Les premiers résultats de ces investigations viennent d'être présentés au public ; ils se rapportent exclusivement au comportement larvaire de la race blanche japonaise « Nipponnishiki », que l'on élève à l'Institut Bacologique de Portici.

Cette race est bivoltine et subit quatre mues : elle passe donc par cinq stades bien tranchés, en subissant diverses transformations, dont voici les plus intéressantes :

En ce qui concerne la tête de l'organisme, l'on constate que les expansions droite et gauche de l'épicrâne se rapprochent progressivement l'une de l'autre et de la ligne médioventrale. Chez la très jeune larve, ces expansions sont encore largement séparées par un espace membraneux ; mais dans la chenille complètement développée, elles sont au contraire en contact et soudées. La capsule céphalique est donc primairement ouverte du côté ventral et secondairement close.

Des modifications moins importantes affectent les antennes, lesquelles s'allongent mais seulement à la base, et les mandibules, qui s'élargissent et acquièrent quelques dents de plus.

En ce qui concerne le thorax de la chenille, l'on voit que la prédominance des deux derniers segments sur le premier est secondaire : au premier stade, le prothorax est plus volumineux.

Les pattes thoraciques, dont l'auteur fournit une description très minutieuse, n'offrent pas de modifications bien appréciables d'un stade à l'autre.

Au contraire, les transformations des fausses pattes de l'abdomen sont fort intéressantes. On sait que leur face plantaire est bordée de nombreux *uncini*, sortes de petits crochets chitineux plus ou moins recourbés. En dedans de ceux qui se rattachent au bord interne de la couronne plantaire, proémine, aux premiers stades, une extroflexion cuticulaire, que l'on nomme : *pseudopapille*. Celle-ci s'efface graduellement ; à la fin de la vie larvaire, elle est même complètement atrophiée. Les *uncini* qui la bordent disparaissent aussi, mais, en même temps, se substituent à eux les *uncini* les plus internes des groupes antérieur et postérieur de la couronne plantaire. Quant aux crochets externes, ils manquent absolument aux derniers stades. Cependant, ils existent en bon nombre chez la très jeune larve, à toutes les fausses pattes, sauf celles de la dernière paire.

L'auteur compare encore les dimensions des divers stigmates du corps, à tous les stades. Ceux que l'on attribue au prothorax au 7e et au 8e urite, sont, on le sait, plus grands que les autres. L'observation attentive montre que, d'abord, ce sont ceux du prothorax et surtout ceux du 8e urite, c'est-à-dire les stigmates extrêmes, qui l'emportent vraiment ; par la suite, les stigmates des deux dernières paires deviennent plus volumineux que ceux du prothorax.

Il est naturellement aussi fait mention des variations offertes par le système pileux des diverses parties du corps. D'un stade à l'autre, les grandes soies primitives se retrouvent mais raccourcies et de plus en plus noyées dans la masse des petites soies secondaires.

Dans le tronc, beaucoup de ces grandes soies primitives sont groupées sur des tubercules, que l'on sait occuper des situations définies et caractéristiques. Deux des tubercules en question, s'élevant sur le 8e urite, à droite et à gauche de la ligne médio-dorsale, offrent un intérêt tout particulier : ils fusionnent et se transforment en la corne dorsale abdominale impaire.

Tels sont, en quelques mots, les faits les plus saillants que l'on trouve dans l'exposé des belles recherches du Prof.

G. Grandi sur un ver à soie d'une race déterminée. Le savant auteur déclare vouloir n'en tirer, dès à présent, aucune conclusion d'ordre théorique : il se réserve, jusqu'au moment où seront également terminées les recherches qu'il a entreprises sur d'autres races.

F. Carpentier.

Le monde social des fourmis du globe comparé a celui de l'homme, par A. Forel, Dr med., Dr jur. h. c., Dr phil. h. c., anc. Prof. de l'Université de Zurich, lauréat de l'Académie française des Sciences. Tome II : *Sensations, physiologie, fourmis et plantes, hôtes, parasites, nids.* — Un vol. in-8° de III-184 pages, avec 1 planche en couleurs, 3 en noir hors texte et 38 figures dans le texte. — Genève, Kündig, 1922.

En parlant de la 1re partie de cet ouvrage, je crois avoir largement tenu compte de ses mérites, mais actuellement, le tome II étant aussi sorti de presse, il me devient impossible de passer encore aussi légèrement sur ses défauts.

Laissons toujours de côté certaines peccadilles dont les naturalistes de profession auront été seuls offusqués : l'œuvre est essentiellement destinée au grand public.

Mais, sous prétexte de vulgarisation scientifique, serait-il donc permis d'imposer, à toute occasion, au lecteur bénévole telle thèse philosophique fort discutable et pourtant réduite ici à son expression la plus simple : l'affirmation gratuite ?

Que la « petite âme » des fourmis soit « à cent coudées au-dessus de la nôtre, au point de vue social », c'est là une idée en laquelle je n'avais d'abord vu qu'une innocente boutade d'après-guerre : dans le tome II de l'ouvrage, le Dr Forel l'envisage pourtant avec le plus grand sérieux : tant pis pour nous.

Sans doute, l'auteur est depuis fort longtemps descendu des sommets où la vanité des autres hommes s'obstine à vouloir « percher ». Il y a bien des lunes qu'il s'est mis « au niveau » des fourmilières et aussi de la chère « petite âme » de leurs habitantes. Ces circonstances de temps et de lieu suffisent peut-être à expliquer qu'il ait aujourd'hui, pour ainsi dire, totalement perdu le don d'« ecphorer » cette grande « mnême héréditaire » d'un Dieu personnel, cette indéraci-

nable notion incrustée, depuis l'Eden, en d'innombrables cervelles d'hommes. N'en déplaise à l'auteur, c'est en fixant cette notion, telle que la reflète notre miroir intérieur *préalablement essuyé*, que nous trouvons les seuls expédients susceptibles d'opérer la désirable transmutation des glaives en coupe-choux...

Combien il est regrettable de devoir démasquer de véritables déformations de pensée chez un auteur unissant, à un si haut degré, au talent de l'observation scientifique, l'art d'intéresser et de charmer ses lecteurs !

F. Carpentier.

**XIII.** — Le piante e gli animali in Leonardo da Vinci, par G.-B. de Toni. (Pubblicazioni dell' Istituto Vinciano. Vol. IV). — Un vol. in-8° de xix-283 pages et 40 fig. hors texte. — Bologna, Nicola Zanichelli, 1922. (Prix : 20 lires.)

Nous avons signalé récemment, dans cette Revue même, les premières publications, très intéressantes, de l'*Istituto Vinciano*. Le présent volume fixe un nouvel aspect de la personnalité puissante et du génie universel de Vinci. Le naturalisme aigu du grand artiste ne le laissait indifférent à aucun ordre des réalités visibles ; son coup d'œil précis et scrutateur, non seulement rejoint la science expérimentale de son temps, mais souvent même se prolonge en intuitions divinatrices. Déjà dans le volume III, Vinci nous était apparu comme un maître et un précurseur en géologie ; ici, c'est le botaniste et le zoologue qui sont à l'honneur.

M. de Toni marque, avec une parfaite compétence, la place importante tenue par « les plantes et les animaux » dans les notes manuscrites, les dessins et l'œuvre picturale de son héros. Cette place dépasse de beaucoup celle qu'eût exigée le souci banal de la vérité matérielle dans l'art. Ou plutôt, cette place répond à un idéal artistique très exceptionnel, qui supposait la communion permanente et réciproque d'une intellectualité supérieure avec la vérité plastique de la Nature.

On trouvera peut-être excessif d'appeler Léonard de Vinci un botaniste et un zoologue. Pourtant, il fallait plus qu'un observateur profane pour exécuter ces admirables dessins de plantes de toute espèce, conservés à Windsor et à Paris ;

ou bien pour composer avec une telle exactitude « l'ornementation végétale » de tels et tels tableaux. Et ce n'est pas tout. Compulsons avec M. de Toni les manuscrits du maître : Vinci découvre la phyllotaxie ; il reconnaît l'absorption aqueuse par les feuilles ; il observe la biologie de l'arbre : la structure, l'accroissement, la décortication du tronc et des maîtresses branches ; ou bien encore il expérimente l'action des poisons sur la plante, ou les phénomènes de la pollinisation ; M. de Toni trouve même la mention — avant la lettre — du géotropisme et de l'héliotropisme. « Botanique artistique », « Botanique générale » : voici par surcroît la « Botanique appliquée » : recettes pharmaceutiques, préparation de matières colorantes, d'huiles, de parfums, etc.

Et les animaux, pas plus que les végétaux, n'échappent à l'attention encyclopédique de Léonard. Chacun connaît, par les dessins de Raphaël et de Rubens, le groupe de cavaliers qui ornait le carton, malheureusement perdu, de la « Bataille d'Anghiari ». L'artiste y manifeste cette connaissance parfaite de l'anatomie du cheval, dont témoignent aussi les dessins de la collection de Windsor. D'autres animaux — chats, bovidés, volatiles... — saisis dans les attitudes les plus diverses, remplissent des pages entières d'« études » extrêmement « objectives ». Il n'est pas jusqu'aux compositions fantaisistes, telles que monstres et caricatures, qui ne révèlent l'asservissement voulu du grand artiste à la Nature : sous l'idée et l'harmonisation générale — création toute personnelle — chaque détail, avec son symbolisme élémentaire, est exactement copié de la réalité.

Après cela, faut-il signaler encore les études de Vinci sur le vol des oiseaux et des insectes, et ses vues optimistes sur la possibilité de l'aviation humaine ? faut-il signaler son sens très moderne des affinités morphologiques, on dirait presque : des « homologies », en anatomie comparée ? ou encore ses multiples observations de physiologie animale ? Nous n'en finirions pas, vraiment.

Nous ne pouvons, toutefois, omettre de mentionner une particularité qui fait pénétrer davantage, par le biais de la zoologie, le génie léonardesque. Dans l'étude du règne animal, il ne recherche pas seulement la vérité matérielle et les valeurs plastiques : il y découvre en outre une physio-

gnomonie et même une élémentaire psychologie. Témoin ses remarques abondantes sur les mœurs, les vices et les vertus des bêtes, remarques d'une saveur bizarre, qui rappellent les « bestiaires » médiévaux ; témoin aussi ses « fables » ou ses « énigmes », où nos frères inférieurs tiennent les grands rôles. Pour lui, la nature et l'idée se continuent partout, ou mieux, se compénètrent constamment : il y a, sous son art, une philosophie des choses qui préside à la fantaisie elle-même.

M. de Toni nous avertit que les pages de son livre, si remplies, sont à peine un répertoire très abrégé de la masse des notes de toute sorte laissées par Léonard de Vinci sur le sujet qui vient de nous occuper.

J. Maréchal, S. J.

La pédagogie des Aveugles, par Pierre Villey, professeur à la Faculté des Lettres de Caen. Un vol. in-16, IV-304 pages (Collection : « Les Questions actuelles »). — Paris, Alcan, 1922. (Prix : 8 fr. net.)

Ce livre, corollaire pratique d'un ouvrage antérieur intitulé : « Le monde des aveugles », esquisse d'une psychologie de la cécité, a pour auteur un aveugle, qui sut accomplir ce tour de force, de faire des études complètes de lycée et de prendre tous ses grades en Sorbonne.

Son but, en écrivant, est indiqué dans les lignes suivantes de l'*Avant-propos :* « J'ai essayé, dans ce petit livre, de dégager les principes généraux de la pédagogie des aveugles, et d'indiquer les grandes lignes d'une organisation de notre enseignement supérieur spécial qui permette d'appliquer ces principes. Bien des fois j'ai éprouvé combien nous manquait un ouvrage de ce genre. Des pères qui désiraient garder auprès d'eux leur enfant aveugle, venaient me consulter sur la manière de l'instruire ; des instituteurs auxquels je demandais d'admettre temporairement de petits aveugles dans leur école, sollicitaient des directives ; tout récemment encore, c'étaient des bienfaiteurs sur le point d'ouvrir une école spéciale qui me confiaient leur embarras. En écrivant, j'ai pensé à tous ces dévouements soucieux de s'éclairer. Je voudrais, au reste, que cet essai eût sa place dans les biblio-

thèques de nos écoles normales, que tout instituteur en France à l'avenir eût, au moins une fois, l'occasion de réfléchir aux problèmes de l'éducation des aveugles. Enfin, pour les simples curieux de psychologie, mesurer les périls que la cécité fait courir, et chercher les moyens par lesquels on y peut parer, sauver de leur emprise la personne humaine, est un sujet digne d'intérêt ».

M. Pierre Villey ne rencontrera que des lecteurs sympathiques. D'autant plus que ses remarques, toujours intéressantes au point de vue théorique du psychologue, sont encore, au point de vue pratique, modérées et judicieuses.

J. Maréchal, S. J.

L'Année psychologique, par Henri Piéron. Vingt-deuxième année (1920-1921). — Un vol. in-8° de XII-608 pp. Paris, Alcan, 1922. — Prix : 40 fr. net.

Le 22e tome de l'*Année psychologique* couvre les deux années 1920-1921. Tous les psychologues de langue française ont applaudi, en 1919, à la résurrection de cet excellent recueil. Tous se réjouiront de le voir maintenant se rapprocher de sa périodicité normale. Dès le tome prochain, assure M. Piéron, le retour aux traditions d'avant-guerre sera un fait accompli : l'*Année psychologique* reviendra annuelle.

Dans sa première partie : « Mémoires originaux, etc. », l'*Année psychologique* ne se différencie pas d'une Revue spéciale quelconque de psychologie. Elle nous présente, cette fois, des recherches de M. Foucault sur « Les sensations visuelles élémentaires autour de la tache aveugle » ; de M. Rabaud, sur « Le comportement de diverses araignées » ; de M. Piéron, sur « Le temps de latence sensorielle » ; de H. M. Wallon, sur « Les réactions motrices dans les crises dues à l'émotion » ; de M. Philippe, sur le problème de « La sensation tactile pure » ; de Mlle Abramson, sur « Les fonctions mentales de l'enfant à l'âge scolaire ».

A ces « mémoires », s'ajoutent deux Notes de MM. Imbert ( « Mode de fonctionnement économique du cerveau » ) et Piéron ( « Appareils nouveaux de laboratoires » : dispositif de rotation à vitesse réglable, photoptomètre différentiel, esthésiomètre à fil de verre).

La seconde partie : « Analyses bibliographiques » (pp. 237-592) occupe la majeure partie du volume. Personne ne se plaindra de cette prédominance. Et même, nous croyons bien qu'aux yeux de la plupart des psychologues de métier, c'est précisément l'extension de la partie bibliographique qui fait l'intérêt de l'*Année psychologique*. Tout psychologue, s'il ne peut — hélas ! — se dispenser de compulser lui-même les multiples recueils spéciaux, trouvera commode d'avoir constamment à portée de la main, sous volume réduit, les principaux éléments de la littérature psychologique d'une période donnée.

On oserait souhaiter que l'*Année psychologique* prît de plus en plus la forme d'une Bibliographie critique annuelle, accompagnée, si l'on veut, d'une brève Chronique ( mutations, décès, congrès, fondations nouvelles, etc.). En dehors des véritables « revues générales », les « mémoires » in extenso pourraient avantageusement être laissés aux Revues fondées pour la publication de recherches originales, par exemple, en France, au JOURNAL DE PSYCHOLOGIE. Ainsi allégée, et mieux adaptée à son rôle d'information précise, l'*Année psychologique*, déjà fort utile, pourrait devenir un instrument de travail de premier ordre.

Nous formulons là un vœu plutôt qu'un reproche. Un lecteur habituel de Revues soupçonne vite, fût-ce aux lacunes qu'il regrette, la difficulté immense que doit éprouver un rédacteur de périodique à se procurer « revues générales », « analyses critiques » et même simples « comptes rendus », en temps opportun et dans une proportion qui reflète exactement la production scientifique.

J. MARÉCHAL, S. J.

**XIV.** — PROBLÈMES FINANCIERS D'APRÈS-GUERRE, par A. D'AUBIGNY, A. CELIER, A. DELATOUR, J. DÉCAMPS, P. DESFORGES, GERMAIN-MARTIN, A. ISAAC, A. LEBRUN, RAOUL PÉRET, A. RIBOT. Conférences organisées par la Société des anciens élèves et élèves de l'École libre des Sciences Politiques. — Un vol. de 244 pages. — Paris, Alcan, 1922. — 8 fr.

La Société des Anciens Élèves et Élèves de l'École libre des Sciences politiques continue d'organiser chaque hiver

une série de conférences qu'elle publie ensuite. Nous lui devions avant la guerre une description excellente des différents marchés financiers. Elle nous offre aujourd'hui un ensemble d'études sur les problèmes financiers d'après-guerre : la situation financière, le problème budgétaire, la question des Réparations, la politique monétaire et la reconstitution économique du pays. Chacune de ces conférences est l'œuvre d'un spécialiste averti. M. de Lasteyrie devait traiter le problème budgétaire le jour même où il fut appelé au Ministère des Finances.

Nous nous trouvons donc devant un ensemble de tout premier ordre ; il ne faudrait cependant pas lui demander plus qu'il ne peut nous donner. On ne peut faire tenir en 250 pages un exposé complet des problèmes financiers contemporains. Il s'agit plutôt d'une synthèse où les conférenciers, avec une largeur de vues vraiment étonnante, esquissent ces questions brûlantes, et indiquent la voie qui mène au salut.

Faisons encore remarquer que de tels sujets vieillissent vite. Le problème budgétaire change d'aspect chaque année — la question des Réparations plus souvent encore. Ces pages datent d'un an, et le lecteur s'en aperçoit souvent. Mais il est une chose qui ne perd jamais de sa saveur : la merveilleuse clarté, le talent de haute vulgarisation qui sont l'apanage du génie français.

FERNAND BAUDHUIN.

## OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS (1)

—

**Th. Moreux** (Abbé). — POUR COMPRENDRE LA GÉOMÉTRIE PLANE. — Un vol. de 252 pages (18 × 12), avec 218 figures dans le texte, « Bibliothèque d'éducation scientifique ». — Paris, Doin, 1922, Prix : 8.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait : Il paraissait particulièrement difficile de rompre avec les méthodes anciennes d'un enseignement qui rebutait les meilleurs élèves, et c'est cependant le tour de force que vient d'accomplir l'Abbé Moreux. Avec lui, la personne la moins initiée suivra sans effort les démonstrations toujours largement intuitives quoique précises et rigoureuses ; l'auteur a délaissé volontairement l'enchaînement classique des vieux théorèmes d'Euclide ; du papier, des ciseaux et un compas d'écolier forment tout le bagage de l'étudiant : la méthode des pliages et des rabattements constitue le principal mécanisme des démonstrations.

Les exercices eux-mêmes, toujours accompagnés de leurs solutions, continuent sans qu'on s'en doute les notions déjà acquises. Les théorèmes les plus rébarbatifs s'y trouvent démontrés sous forme de constructions et de problèmes.

**J. M. Keynes**. — A TREATISE ON PROBABILITY. — Un vol. de XII-468 pages (18 × 12). — London, Macmillan, 1921. — Prix : 18.00 shillings.

**I.** (chap. I-IX) Fundamental ideas. II. (c. X-XVIII) Fundamental theorems. III. (c. XVIII-XXIII) Induction and analogy. IV. (c. XXIV-XXVI) Some philosophical Applications of probability. V. (c. XXVII-XXXIII) The foundations of statistical inference. — Bibliography.

**A. Berthoud**, professeur de chimie physique à l'Université de Neuchâtel. — LES NOUVELLES CONCEPTIONS DE LA MATIÈRE ET DE L'ATOME. — Un vol. in-16 de 330 pages, avec 21 figures dans le texte, « Encyclopédie Scientifique, Bibliothèque d'Histoire et de Philosophie des sciences ». — Paris, Doin, 1923. — Prix : 12.00 frs.

Note de l'éditeur : Le développement de nos connaissances relatives à la constitution de la matière et des atomes a été si rapide qu'il n'existe guère actuellement d'ouvrage destiné au grand public où la question, telle qu'elle se présente aujourd'hui, soit exposée dans son ensemble. C'est cette lacune que M. A. Berthoud a voulu combler. Pour donner une idée précise de la genèse et de la signification des conceptions modernes, il a dû passer en revue successivement toutes les grandes découvertes expérimentales (rayons X, radioactivité, électron, isotopie, etc.) ; et les doctrines nouvelles

(1) La REVUE mentionne dans cette liste les ouvrages envoyés à la Rédaction. Cette mention est, non une recommandation, mais un accusé de réception.

(théorie électronique, des quanta, de relativité), qui ont profondément rénové les sciences physiques et qui toutes ont contribué à la solution du problème de la constitution de la matière.

---

**G. Fontené**, Inspecteur général honoraire de l'Instruction publique. — LA RELATIVITÉ RESTREINTE, avec un appendice sur la relativité généralisée. Les idées de Lorentz et d'Einstein exposées à l'aide de calculs élémentaires. — Un vol. de 158 pages (23 × 14). — Paris, Vuibert, 1922.

Extrait de la Table des Matières : Note sur les fonctions hyperboliques. Préliminaires. — I. Optique. 1. La vitesse de la lumière. 2. L'expérience de Michelson ; le phénomène de Doppler-Fizeau ; les formules de Lorentz-Einstein. 3. Ordre de grandeur de la contraction des règles et du ralentissement des chronomètres. — II. Mécanique. 1. Cinématique. 2. Dynamique du point matériel. Masse dynamique et force. 3. Électromagnétisme. 4. Ordre de grandeur des phénomènes. — III. Substitutions. Invariance. Lorentz et Einstein. Invariants d'Espace. — Temps. — Appendice sur la relativité généralisée. Champs de gravitation. Applications. — Trois notes.

**A. N. Whitehead**, Sc. D., F. R. S. — THE PRINCIPLE OF RELATIVITY WITH APPLICATIONS TO PHYSICAL SCIENCE. — Un vol. de XII-190 pages (22 × 15). — Cambridge, University Press, 1922. — Prix : 10.00 shillings, 6 pence.

Extrait de la Table des matières : Part I. General principles. 1. Prefatory explanations. 2. The relatedness of Nature. 3. Equality. 4. Some principles of physical science.

Part II. Physical applications. 5. The equations of motion. 6. On the formula for $dJ^2$. 7. Permanent gravitational fields. 8. Apparent mass and the spectral shift. 9. Gravitation and light waves. 10. Electromagnetic equations. 11. Gravitation and light waves. 12. Temperature effects on gravitational forces. 13. The electrostatic potential and spectral shift. 14. The limb effect. 15. Permanent directions of vibration and the doubling effect. 16. Steady electromagnetic fields. 17. The moon's motion.

Part III. Elementary theory of tensors. 18. Fundamental notions. 19. Elementary properties. 20. The process of restriction. 21. Tensors of the second order. 22. The Galilean tensor. 23. The differentiation of tensor components. 24. Some important tensors.

**P. Drosne**. — LE BEAU, LE MAUVAIS TEMPS ET LA RELATIVITÉ. — Un volume de 64 pages (18 × 12), avec figures dans le texte. — Paris, Doin, 1922. — Prix : 3.50 francs.

Note de l'éditeur. Extrait : M. Drosne a tenté de faire sentir les progrès énormes qui seront réalisés en Météorologie lorsqu'on se décidera à « poser le problème » au point de vue relativiste. D'après lui, c'est seulement ce jour-là qu'on saura de quoi l'on parle et ce que l'on veut chiffrer.

L'auteur espère que, malgré les difficultés d'exposition inhérentes à un pareil sujet, son petit ouvrage provoquera au moins quelques désirs de discussion et peut-être même de recherches chez les spécialistes de la Météorologie, de l'Astrophysique et même de la Physique tout court.

**André Kling**, Directeur du Laboratoire municipal de Paris. — LES PROGRÈS DE LA CHIMIE EN 1920. — Un vol. (225 × 140) de V-339 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1922. — Prix : 40.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait : Cet ouvrage comporte huit chapitres dont la rédaction a été confiée à des spécialistes particulièrement qualifiés : W.-C. Mc Lewis, M. A. D., Sc. *(Chimie générale* et *Chimie Physique)*; E.-C.-C. Baly, C.B.E., F.R.S. *(Chimie minérale)*; R.-H. Pickard, D. Sc., Ph. D., F.R.S., J. Kenner, Ph. D., D. Sc. *(Chimie organique)*; C. Ainsworth Mitchell M. A. *(Chimie analytique)*; G. Barger., M. A., D. Sc., F.R. Sc. *(Chimie physiologique)*; E.-J. Russell, O.B.E., D. Sc., F. R. S. *(Chimie agricole et physiologie végétale)*; T.-V. Barker M.A., B. Sc. *(Cristallographie et Métallurgie)*; F. Soddy, M.A., F.R.S. *(Radioactivité)*.

Les noms des savants précités sont trop connus pour qu'il soit nécessaire d'insister sur la compétence avec laquelle ont été étudiés les *Progrès de la Chimie en 1920* dans ces différentes branches.

Malheureusement, le sort de cette publication annuelle est lié aux résultats flatteurs mais décevants qu'elle a obtenus ; aussi bien que M. Kling ait la certitude de faire œuvre utile, il se voit, faute d'un appui matériel suffisant, contraint de clore cette utile et intéressante collection par *Les progrès de la Chimie en 1920*.

**Achalme** (Dr). — LA MOLÉCULE. ÉQUILIBRES ET RÉACTIONS CHIMIQUES. — Un vol. de 232 pages (22 × 14). — Paris, Payot, 1922. — Prix : 15.00 francs.

I. La molécule ; II. Constitution, Isomérie, Tautomérie ; III. Espèces diverses ; IV. Théorie cinétique ; V. Équilibres ; VI. Réactions ; VII. Molécules des corps simples ; VIII. L'eau et ses ions ; Acides et Bases. — Supplément : Les différents modèles chimiques.

**André Kling.** — MÉTHODES ACTUELLES D'EXPERTISE EMPLOYÉES AU LABORATOIRE MUNICIPAL DE PARIS, ET DOCUMENTS SUR CES MATIÈRES RELATIVES A L'ALIMENTATION. — Un vol. de 328 pages (26 × 16). — Paris, Dunod, 1922. — Prix : 32.00 francs.

**Alexandre Leys** : Matières grasses ; Essence de Térébenthine ; Huiles minérales. — **Léon Pons** : Beurre.

**M. Molliard.** — NUTRITION DE LA PLANTE. UTILISATION DES SUBSTANCES TERNAIRES. — Un vol. de VI-306 pages (18 × 12). — Paris, Doin, 1922. — Prix : 14.00 francs.

Extrait de la Table des Matières : Introduction. A. Digestion des réserves ternaires. I. Mise en évidence de la digestion et de la migration des réserves ternaires. II. Les diastases. III. Mécanisme des actions diastasiques. IV. Réversibilité des actions diastasiques. — B. Phénomènes d'oxydation présentés par les végétaux. V. La respiration. VI. Les oxydases. VII. Mécanisme physique des échanges gazeux. VIII. Fermentations par oxydation. — C. Fermentations n'impliquant pas de fixation d'oxygène. IX. Fermentation alcoolique. X. Respiration intramoléculaire. XI. Fermentations diverses.

**Charles Lafon**, Breveté aéronaute militaire, licencié ès sciences. — ÉTUDE SUR LE BALLON CAPTIF ET LES AÉRONEFS MARINS. — Un vol. de 208 pages (25 × 16), avec 21 figures et 2 planches. — Paris, Gauthier-Villars, 1922. — Prix : 20.00 francs.

Note de l'Éditeur. Extrait : *Ce livre s'adresse particulièrement aux officiers de marine et à tous ceux qui s'intéressent à l'Aéronautique.*

Il n'existait pas jusqu'à ce jour une théorie exacte de l'équilibre des ballons qui survolent les navires en marche.

Cette lacune est comblée par le présent ouvrage dû au Commandant Lafon, qui a réalisé en mer Ionienne, en mer Égée et en mer

Noire, une des premières installations de l'utilisation des aéronefs marins. Ce livre contient des données nouvelles et des graphiques extrêmement intéressants sur la tactique aérienne : avions, hydro-avions, dirigeables, ainsi que des études comparatives très curieuses sur la résistance à l'avancement éprouvée par certains mobiles, soit dans l'air, soit dans l'eau. L'auteur montre enfin comment l'on peut appliquer aux navires marins certaines des théories qu'il énonce au sujet des navires aériens. Des abaques nombreux illustrent ce travail.

**O. Manville**, Docteur ès sciences, Ingénieur Conseil. — PRODUCTION ÉCONOMIQUE DE LA VAPEUR. — Un vol. in-8° de 147 pages (24 × 16), avec 259 fig. dans le texte. — Paris, Doin, 1923. — Prix : 25.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait : La chaufferie en France est trop délaissée, même par l'ingénieur. C'est que bien souvent elle constitue un problème très complexe, pour lequel il n'a pas été préparé.

Dans l'ouvrage de M. Manville, le lecteur trouvera non seulement l'énoncé de tous ces problèmes, mais encore leur solution. Solutions techniques et pratiques, développées par des exemples numériques et vécus à la chaufferie.

De lecture facile, nous sommes persuadés qu'il sera bien accueilli des industriels et des techniciens qui, soucieux de leurs intérêts, cherchent les moyens efficaces d'améliorer leur production et d'en abaisser le prix de revient.

**E.-B. Titchener**, Professeur de Psychologie à l'Université Cornell (Ithaca, New-York). — MANUEL DE PSYCHOLOGIE, traduit par H. Lesage, agrégé de Philosophie, Professeur au Lycée de Brest. — Un vol. de XVI-571 pages (23 × 14), avec 65 fig. : « Bibliothèque de Philosophie contemporaine ». — Paris, Alcan, 1922. — Prix : 35.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait : Au lecteur français, et c'est là l'intérêt principal de cette traduction, ce livre présente pour la première fois d'une façon systématique les efforts et les résultats de la psychologie du laboratoire qui cherche à contrôler et à préciser par les procédés expérimentaux les données de l'introspection. Aussi à tout instant suggère-t-il des recherches possibles : il servira ainsi de guide précieux aux étudiants qui comprennent la nécessité urgente de développer en France une science déjà florissante à l'étranger et riche, dès maintenant, de nombre d'applications sociales.

**Sigm. Freud** (Dr). — LA PSYCHOPATHOLOGIE DE LA VIE QUOTIDIENNE. APPLICATION DE LA PSYCHANALYSE A L'INTERPRÉTATION DES ACTES DE LA VIE COURANTE, traduction française par le Dr S. Jankélévitch. — Un vol. de 321 pages (23 × 14). — Paris, Payot, 1922. — Prix : 14.00 francs.

Table des matières : I. Oubli des noms propres. II. Oubli des mots étrangers. III. Oubli de mots et de suites de mots. IV. Souvenirs d'enfance et « Souvenirs de couverture ». V. Les lapsus. VI. Erreurs de lecture et d'écriture. VII. Oubli de lecture et d'écriture. VIII. Méprises et maladresses. IX. Actions symptomatiques et accidentelles. X. Les erreurs. XI. Association de plusieurs actes manqués. XII. Déterminisme. Croyance au hasard et superstition. Points de vue.

**Charles Janet**. — LE VOLVOX, IIme Mémoire. — Un vol. de 66 pages (26 × 17), avec 4 planches. — Paris, Presses Universitaires, 1922.

**André Cresson**, Professeur agrégé de Philosophie au Lycée Condorcet, Docteur ès Lettres. — LES RÉACTIONS INTELLECTUELLES ÉLÉMENTAIRES. — Un volume de 153 pages (19 × 12), de la « Bibliothèque de Philosophie contemporaine ». — Paris, Alcan, 1922. — Prix : 8.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait : La psychologie classique a discerné notamment dans le travail de l'esprit deux groupes d'opérations : 1° Le jeu de l'association des idées, association d'où résulte l'évocation automatique des représentations les unes par les autres ; 2° Le travail de la raison réfléchie qui induit et déduit consciemment, avec méthode et contrôle. L'auteur essaye d'établir qu'entre ces deux sortes d'opérations l'analyse en révèle une troisième. Tout se passe comme si, à chaque instant, l'esprit raisonnait par analogie sans aucunement s'en apercevoir.

**Georges Davy**, chargé de cours à la Faculté des lettres de Dijon. — LE DROIT, L'IDÉALISME ET L'EXPÉRIENCE. — Un vol. de 168 pages (19 × 12), de la « Bibliothèque de Philosophie contemporaine » (Travaux de l'ANNÉE SOCIOLOGIQUE, Fondateur : Émile Durkheim). — Paris, Alcan, 1922. — Prix : 7.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait : La théorie métaphysique du droit naturel a-t-elle le monopole de l'idéalisme ? N'y a-t-il pas une façon d'entendre la méthode historique et réaliste qui soit susceptible de sauvegarder les légitimes revendications idéalistes de notre conscience ? C'est la réponse à cette double question que l'auteur poursuit en discutant les théories de Saleilles, de Duguit, de Gény, d'Haurion et d'Em. Lévy. Il conclut à la possibilité d'un idéalisme sociologique issu de l'expérience.

**Albert Mayet.** — LE SUICIDE ET LA MORALE. — Un vol. de 824 pages (22 × 16). — Paris, Alcan, 1922. — Prix : 30.00 francs.

Extrait de la Table des matières : I. Le suicide et la conscience contemporaine. II. Les origines de la morale contemporaine. III. La décadence des élites et le triomphe de la morale simple. IV. La renaissance des élites et la revanche de la morale nuancée. — Conclusion.

**Émile Durkheim.** — ÉDUCATION ET SOCIOLOGIE. — Un vol. de 160 pages (18 × 12). — Paris, Alcan, 1922. — Prix : 7.00 francs.

Table des matières : Introduction : l'œuvre pédagogique de Durkheim. — I. L'éducation, sa nature, son rôle. II. Nature et méthode de la pédagogie. III. Pédagogie et sociologie. IV. Évolution et rôle de l'enseignement secondaire en France.

LA TRADITION PHILOSOPHIQUE ET LA PENSÉE FRANÇAISE. — Un volume de 358 pages (23 × 14), de la « Bibliothèque de Philosophie contemporaine ». — Paris, Alcan, 1922. — Prix : 20.00 francs.

On trouvera réunies ici, quelques-unes des leçons professées à l'École des Hautes Études Sociales sur *La Pensée Contemporaine et la Tradition philosophique* et *La Pensée Française au XIXe siècle*.

Table des Matières : Avant-Propos. — A. La Tradition philosophique. I. Épicurisme et Stoïcisme, par Th. Ruyssen. II. Le Néoplatonisme, par E. Bréhier. III. Descartes, par L. Brunschvicg. IV. Spinoza, par L. Brunschvicg. — B. Quelques aspects de la

Pensée française au XIXe siècle : I. Maine de Biran, par R. Lenoir. II. Ravaisson et Boutroux, par R. Lenoir. III. Renouvier, par Mme L. Prenant. IV. Cournot, par Mme L. Prenant. V. Saint-Simon, Fourier, Proudhon, par A. Berthod. VI. Auguste Comte, par L. Lévy-Bruhl. VII. Michelet, Renan, Taine, par J. Pommier. VIII. Ribot, par R. Lenoir. IX. Espinas, par R. Lenoir. X. Durkheim, par R. Lenoir. XI. Hamchu, par D. Parodi. XII. Bergson, par R. Gillouin.

**Jules Latapy.** — L'ART DE LA VIE. Traité de culture française. — Un vol. de 262 pages (19 × 12). — Paris, Alcan, 1922. — Prix : 6.00 francs.

« Apprendre à commander à sa pensée, tel est l'objet de ce livre ».

Table des Matières. Extrait : Introduction. — I. A travers la psychologie : *a)* Les facultés de l'âme ; *b)* Les ressorts de l'âme. II. A travers la logique. III. La pensée. IV. L'action.

**Pierre Villey**, Professeur à la Faculté des Lettres de Caen. — LES ESSAIS DE MICHEL DE MONTAIGNE. Nouvelle édition conforme au texte de l'exemplaire de Bordeaux. Avec les additions de l'édition posthume, l'explication des termes vieillis et la traduction des citations, une chronologie de la vie et de l'œuvre de Montaigne, des notices et un index. Tome II.— Un vol. de 614 pages (19×12). — Paris, Alcan, 1922. — Prix : 12 francs.

Ce second volume contient le second Livre des *Essais* en entier. Le troisième volume sera publié très prochainement.

# Le Public et la Science

Nous assistons en science, depuis quelques années, à un double phénomène contradictoire, dont l'observation est curieuse. Jamais les hypothèses n'ont défilé dans une sarabande plus effrénée, se succédant et s'éliminant l'une l'autre avec une vitesse croissante, comme les images d'un caléidoscope. Jamais, pendant leur vogue momentanée, elles n'ont été adoptées plus dévotement et divulguées plus profondément dans les masses. Plus elles sont hardies, douteuses ou spéculatives, plus on les affirme avec intransigeance, plus on les accepte avec foi. Ce sont de véritables religions, qui se substituent l'une après l'autre à la Religion unique, dont l'enseignement moderne cherche à éliminer le rôle éternel : des religions qui ont leurs dogmes, leurs grands-prêtres, leurs excommunications et même, au besoin, leurs martyrs, mais dont les idoles déchues viennent bientôt grossir le remblai, sur lequel on édifiera les autels d'un nouveau dieu.

On pourrait croire que ce défilé mouvant de théories inspirerait du moins quelque scepticisme, quelque réserve, une élémentaire prudence devant toute théorie nouvelle. C'était autrefois, et du moins depuis Descartes, l'attitude habituelle du savant en face des nouveautés. Il ne les repoussait pas, mais les priait d'attendre la vérification de leurs papiers et les tenait un certain temps en quarantaine, comme dans ces nations prudentes où l'on n'adopte une loi politique, civile ou commerciale qu'après le vote successif de plusieurs législatures. Aujourd'hui, cela est

changé et tous les vulgarisateurs de la science, beaucoup de savants après eux, craindraient d'abord de paraître arriérés et encroûtés en restant fidèles à une théorie que l'on enseignait hier.

Précisément parce qu'on a assisté à l'écroulement des principes en apparence les plus solides et les mieux assis dans les sciences à tournure définitive, parce qu'on a vu se renverser comme des châteaux de cartes, les dogmes de l'optique, de la géométrie, de la mécanique, sans parler bien entendu des sciences naturelles ou de l'histoire, on n'ose plus douter de rien ; et, alors qu'on devrait ne plus rien affirmer, on se tient prêt par réaction à admettre, à admirer ce qui est contradictoire avec une croyance antérieure. Je vois là le résultat fâcheux d'une démocratisation, qui peut d'ailleurs avoir d'autres effets utiles.

En même temps que le nombre des expérimentateurs, des commentateurs, s'est multiplié infiniment dans toutes les parties du monde, et que la rapidité des évolutions scientifiques s'en est trouvée décuplée, centuplée, chaque phase de ces évolutions prend un caractère d'intensité inconnu à nos pères. Elle est démesurément amplifiée pour être projetée sous les yeux des innombrables badauds qui l'admirent un instant bouche bée, mais qui sont trop pressés et trop occupés d'autres intérêts ou d'autres plaisirs pour avoir le loisir de la discuter.

Les notions scientifiques, autrefois réservées à une élite longuement et minutieusement formée, s'adressent maintenant à une multitude de cerveaux incultes qui ont le très noble et légitime désir de s'instruire, mais auxquels manque, avec l'éducation prolongée, avec la tradition, avec l'atavisme intellectuel, l'esprit critique : avides de science, mais d'une science sommaire, réduite à un catéchisme, ingurgitée à la hâte et non digérée. Or, on n'entraîne les foules que par des affirmations, — ou par des négations, qui sont des affirmations inversées —, jamais par des réserves et des doutes. On leur sert donc les

affirmations demandées, exigées. Et la foule est féminine, curieuse de changement, d'originalité, désireuse d'avoir à citer dans la conversation un fait piquant, inconnu, inattendu de l'interlocuteur. On lui apporte donc nécessairement une science de cinéma et de roman-feuilleton : une science où il n'est plus question le lendemain de ce qu'on proclamait la veille avec emphase, mais où l'amusement de renverser sans cesse toutes les connaissances admises passionne un instant, comme, sur un film, une course la tête en bas.

Le dernier siècle a assisté à l'envahissement de la science par la presse dite scientifique et nous sommes loin du temps où des luttes s'engageaient pour obtenir la publicité des séances à l'Académie des Sciences, la publication de leurs comptes rendus, la communication des notes résumées aux journalistes. La presse a joué dans ce cas son rôle habituel, diffusant, multipliant les clameurs à tous les échos, les forçant à plus de sonorité pour se faire entendre, leur assurant un immense retentissement, mais les noyant aussitôt sous des sonorités nouvelles. Le fait est là. Inutile de le critiquer. La seule chose à en dire, c'est que le savant n'a pas à s'en préoccuper. Il doit seulement apprendre à travailler dans le tapage d'une place publique, au lieu de méditer comme autrefois dans le calme. Mais les savants sont des hommes. Ils ont des besoins matériels de carrière et d'honneurs, des désirs plus nobles de réputation et de gloire. Ils ont donc été amenés à adopter dans une certaine mesure les mœurs nouvelles qui assimilent le lancement d'un roman, d'un traité philosophique ou d'une conception optique à celui d'une pilule purgative ou d'un savon. Le rôle des charlatans s'est nécessairement développé avec l'accroissement des foules qu'il s'agissait de rassembler à coups de grosse caisse. On s'est mis trop souvent à faire de la science pour le public et pour ses barnums, de la science sensationnelle. Et le plus fâcheux,

c'est qu'à force de crier, d'affirmer pour se faire entendre, d'être nouveau pour étonner, beaucoup de savants sont arrivés à une auto-suggestion qui les rend eux-mêmes semblables à la foule et désireux, à sa manière, inconsciemment, de nouveauté plutôt que de vérité, sauf, bien entendu, à confondre l'une avec l'autre. C'est de là qu'est né ce singulier esprit de crédulité, si peu cartésien, que je cherche ici à mettre en évidence et dont je vais donner quelques exemples.

Ces exemples seront choisis intentionnellement dans des compartiments très divers. Je citerai des cas où l'on a adopté avec enthousiasme des absurdités ou des folies, sur des observations mal faites, non vérifiées ou même truquées. J'en indiquerai d'autres où l'on a reçu pêle-mêle l'ivraie et le bon grain sans essayer de les démêler ; d'autres encore où il n'y a peut-être que du bon grain, mais où l'on a le tort de présenter une vraisemblance provisoire comme une certitude.

Parmi les phénomènes sur lesquels je considère qu'après vérification et constatation négative, on eût dû faire le silence, je citerai beaucoup de ceux que l'on range sous le nom de métapsychique, et en particulier, les ectoplasmes. Il a suffi que des médiums adroits aient réussi dans l'obscurité à faire remonter de leur estomac à leurs lèvres quelque morceau de pâte ou de caoutchouc pour que l'on ait édifié toute une théorie de spiritisme sur ces trucs de prestidigitation, moulé et photographié ces « ectoplasmes » et consacré à leur examen de longs articles dans les revues réputées les plus sérieuses. Ce cas est particulièrement grave parce que les phénomènes du spiritisme ont le privilège, aisément explicable, de faire tourner les têtes encore plus aisément que les tables. Ils se rattachent à un désir si profond, si légitime de dématérialisation, de survie !

Je ne demande pas, on me comprend, de rejeter sans examen tout ce qui se rattache à cet ordre d'idées. Les

phénomènes de la métapsychique doivent être étudiés sérieusement, sévèrement, scrupuleusement comme les autres, surtout quand ils concernent la transmission de la pensée. Nous nous savons aujourd'hui entourés d'ondes invisibles et d'effluves insaisissables que nos sens ont été longtemps impuissants à déceler. De plus en plus, nous comprenons qu'il y a sous le ciel, comme disait Hamlet, beaucoup plus de choses que n'en comprenait la philosophie. Ce n'est pas le moment de nier ce qui peut être exact. Mais ce n'est pourtant pas une raison de se laisser duper par tous les escamoteurs ou les hallucinés qui attribuent aux esprits des manifestations enfantines, dégoûtantes ou ridicules. Gardons-nous surtout d'applaudir à ce mouvement comme s'il était favorable à la renaissance des idées religieuses ! Le spiritisme n'est pas le spiritualisme, mais sa déviation maladive et, en quelque sorte, « sa messe noire ».

De même, on voit parfois affirmer solennellement des propositions bien singulières jusque dans les Comptes Rendus de l'Académie des Sciences — sur lesquels, par parenthèse, s'exerce, en vertu de la même tendance, un contrôle insuffisant. — N'affirmait-on pas, il y a quelques mois, avoir observé des microbes vivants dans des granites et dans des météorites ? Un fait aussi paradoxal était de nature à séduire tous ceux qui s'imaginent éliminer un Créateur en reportant sa création d'une planète à l'autre et résoudre le problème de la vie par la panspermie. Des germes de vie arrivant de l'espace interstellaire à l'intérieur d'un météorite, quelle aubaine pour ces soi-disant matérialistes ! Il aurait fallu vérifier une telle proposition avec un soin tout particulier. Au lieu de cela, qu'arrive-t-il ? Un savant vieilli, qui eut autrefois du mérite, s'imagine observer le fait. Un membre de l'Institut, auquel il demande de présenter sa note, n'a pas le courage de désabuser ce vieillard. On imprime. La presse reproduit et voici une folie qui court le monde.

Je ne rangerai pas dans le même groupe la nouvelle théorie d'Einstein, non pas par crainte de me faire lapider, mais simplement parce que je la considère comme un de ces cas où il aurait fallu opérer un triage, accueillir, sauf vérification, quelques inductions physiques intéressantes et soumettre les conclusions philosophiques à une très sévère quarantaine. Au lieu de cela, pour ne parler que de la France, on a assisté à une manifestation d'enthousiasme risible de la part de gens qui ressemblaient aux spectateurs de la lanterne magique dans la fable de Florian, et qui s'extasiaient d'autant plus qu'ils ne distinguaient rien. On a vu aussi quelques savants français, peu nombreux mais bruyants, accueillir avec une idolâtrie scandaleuse, un savant allemand dans ce Paris encore meurtri par les abominations de la science allemande. Et ceux-là ont immédiatement, pour lui complaire, bouleversé tous nos cerveaux. Jamais réclame plus éhontée ne s'est étalée dans les colonnes des journaux et des revues françaises, même dans celles que l'on aurait pu croire animées de sentiments conservateurs et patriotiques, mais qui se sont piqués d'impartialité.

Il faut pourtant s'entendre sur ces dogmes einsteiniens que je ne prétends pas discuter ici, dont quelques-uns me paraissent même offrir une valeur réelle, comme interprétation provisoire de certains phénomènes, mais que je ne saurais me laisser imposer en bloc sans résistance comme un ensemble de doctrine définitif et indiscutable. Tentative originale et intéressante, utile pour secouer les esprits qui s'endormaient sur les affirmations, déjà trop dogmatiques, de certains postulatums mécaniques ; rappel précieux de notions optiques bien connues, mais constamment oubliées par une approximation inexacte ; renouveau soutenable de la vieille théorie de l'émission lumineuse avec attraction possible des astres sur la lumière : affirmation rationnelle de cette notion que, dans l'espace, il ne paraît point exister de point fixe

accessible à nos investigations ; oui, d'accord ! Tout cela est à retenir, intéressant à étudier et à classer comme de très nombreuses théories ou suggestions analogues, pour lesquelles on a fait moins de vacarme. Mais partir de là pour nous lancer des aphorismes comme l'impossibilité d'aucune vitesse supérieure à celle de la lumière, comme l'irréalité démontrée du temps et de l'espace, comme la facilité de rétrograder le temps en se déplaçant assez vite, c'est vraiment abuser de notre candeur et c'est dans ce cas surtout qu'il aurait fallu appliquer la notion de relativité pour accueillir ces conceptions nouvelles avec politesse mais réserve, en les classant à côté de toutes les autres affirmations sur le temps, l'espace, la force, la matière, etc. qui emplissent les vieux cartons de la métaphysique.

J'insiste un peu sur la religion einsteinienne parce qu'elle a été, dans ces derniers temps, particulièrement tapageuse, crédule et intransigeante. Mais, en nous bornant à notre sujet, il suffit de rappeler qu'il y entre pêle-mêle de l'algèbre, de la physique et de la philosophie.

Or, l'algèbre, et je m'étonne qu'on l'ait si facilement oublié, c'est, si l'on veut, la certitude logique, mais dans le domaine restreint des transformations et des déductions qui sont le propre de la logique. C'est un instrument admirable et précieux pour triturer des hypothèses jusqu'à les rendre méconnaissables. C'est, par suite, un agent indispensable de suggestion et d'invention. Mais, comme conclusions physiques, on n'en sort jamais que ce qu'on y a mis. On a commencé par poser des systèmes d'équation ; on aurait pu en poser d'autres. Servons-nous-en ; mais ne faisons pas comme les gamins qui restent stupéfaits devant le guignol manœuvré par leurs propres doigts.

Pour la physique, j'ai déjà indiqué ce qui me semble à retenir. On savait que la lumière n'était pas instantanée, mais on l'oubliait singulièrement dans les applications ;

et, lorsque l'on atteint le domaine stellaire, c'est évidemment une erreur grave, qui peut également intervenir à notre insu dans des phénomènes moins lointains. De même on n'avait pas assez pensé qu'un rayon lumineux, quelle que soit sa nature, pouvait être influencé et dévié par un astre, comme il l'est en circulant parmi tous les petits astres atomiques qui forment un cristal et qui agissent pour le réfracter ; comme il l'est également, dans les phénomènes de Zeemann, par l'action magnétique. Pour tout ce qui est généralisation des idées newtoniennes sur la gravitation, constitution de la lumière, existence problématique de l'éther, etc., « la cause est à retenir » et à juger ultérieurement. Il faudra longtemps avant que l'on arrive à se faire une opinion, je ne dis pas définitive, mais même provisoire, dans la mesure où nos sens nous permettent de nous former une opinion. Au lieu d'en tirer des certitudes, j'y vois au contraire une raison nouvelle de scepticisme et de doute. En particulier, si les rayons lumineux sont déviés par les astres et si, comme il est probable, l'espace est encombré d'astres morts invisibles pour nous, aucune observation astronomique n'a plus de valeur précise. Et, comme toute notre physique n'est en réalité qu'une optique, puisque toute physique se ramène à une mensuration visuelle, notre physique entière en est ébranlée. Nous tournons dans le cercle du syllogisme classique : « Epiménide a dit que tous les Crétois étaient menteurs ; mais Epiménide était Crétois... » La physique montre que notre vision peut et doit nous tromper, mais toute la physique est fondée sur la vision...

Enfin, quant aux conclusions métaphysiques, le moins qu'on en puisse dire est qu'elles n'offrent aucun caractère de certitude. Avant d'adopter une hypothèse qui renverse toutes les notions antérieures, il faudrait d'abord s'assurer que d'autres hypothèses ne conduisent pas au même résultat expérimental et, parmi ces hypothèses toutes

également plausibles, qu'il n'en est pas de plus simple, de plus conforme à tout ce que l'expérience avait fait admettre. C'est l'éternelle erreur des démocraties, qui ont nécessairement une mentalité de jeunes gens, que de négliger dédaigneusement le passé et de renverser tous les édifices de fond en comble sous prétexte de progrès, sans soupçonner qu'on avait déjà fait cent fois avant elles à peu près les mêmes expériences et choisi entre les mêmes hypothèses.

Je ne comparerai pas à la religione insteinienne la religion atomique, parce que celle-là du moins s'est édifiée patiemment par retouches successives en tenant compte successivement de tous les faits recueillis et groupés et parce qu'elle forme en définitive un très bel édifice d'apparence solide, répondant du moins à l'état actuel de nos connaissances. Mais ce n'est pourtant pas une raison de la présenter comme un Credo indiscutable, en dehors duquel il ne saurait y avoir de salut. Depuis trois mille ans au moins, on a commencé à expliquer l'univers, tantôt par des atomes, tantôt par un souffle dynamique, par des formes sensibles de l'énergie. Ces deux thèses, qui sont également soutenables et qui peuvent d'ailleurs se ramener l'une à l'autre, séduisent successivement les esprits et la roue, qui fait tourner les opinions humaines, les ramène tour à tour à la lumière. L'univers, qui s'est, depuis quelque temps, résumé en une géométrie d'atomes matériels de plus en plus ingénieusement agencés, est aujourd'hui en passe de se voir réduit en énergie. Nous vivons dans les apparences et nous sommes les jouets des mots...

On pourrait encore citer les expériences de transmutation, affirmées, généralisées avec un enthousiasme quelque peu prématuré. L'unité de la matière, sous des formes variables, n'est pas non plus une idée nouvelle, mais, au contraire, une des premières conceptions abstraites que l'esprit humain ait pu former lorsqu'il a commencé à raisonner et à généraliser en dégageant la substance de

l'apparence. J'ai été des premiers à revenir sur les possibilités de transmutation, à une époque où l'on semblait un peu insensé d'oser y penser. Je crois certaines expériences de transmutation exactes. Mais, là encore, la crédulité s'abuse par la facilité avec laquelle elle admet toutes les pseudo-expériences qu'on annonce avec fracas dans un sujet où l'expérimentation est particulièrement délicate et sujette à caution... C'est toujours le même besoin de coups de théâtre qui fait aujourd'hui revenir ici aux espérances des Flamel et des Paracelse...

Inutile de multiplier les exemples. J'ai, je crois, assez montré la part de la superstition dans les engouements qui portent les vagues de l'esprit public vers toutes les nouveautés — on peut le dire, quelles qu'elles soient, et même avec d'autant plus de violence et de passion qu'elles sont plus destructrices du passé. — Ma conclusion n'est pas qu'il faut s'entêter dans les opinions reçues et dans les enseignements d'école. Je crois, au contraire, que c'est un grave défaut des monopoles universitaires de figer l'enseignement dans le canevas rigide d'une science officielle et, par conséquent, morte. La participation moderne de la presse et du grand public forme un contrepoids utile, mais à la condition de ne pas l'exagérer et de ne pas instituer d'autres religions révolutionnaires, à la fois absolues et changeantes. L'attitude qui me semble correcte est bien simplement celle que recommandait Descartes et grâce à laquelle s'est constituée la science moderne : ne rien affirmer, ne rien nier, observer, comparer, réfléchir, choisir entre les solutions la plus simple et la proposer avec une nuance de doute.

Toute idée nouvelle, à plus forte raison toute observation nouvelle, est à retenir, et à scruter. Le dédain ne convient jamais pour une suggestion rationnelle, quand bien même elle choquerait les idées reçues. Ce n'est qu'en remuant beaucoup d'erreurs que l'on trouve une parcelle de vérité. La découverte scientifique se dérobe toujours

dans le menu fait négligé par les observateurs précédents, dans la correction implicite qu'a faite leur paresse aux résultats expérimentaux, dans le coup de pouce qui a rectifié, sinon les chiffres, au moins les conséquences à en déduire, dans le caput mortuum de la chimie. Même en matière de théories, il faut être très large, sauf à voir constamment reparaître des conceptions anciennes habillées d'oripeaux brillants qui les transfigurent. C'est l'innocente distraction de notre exil humain de combiner des hypothèses, comme ces petits enfants auxquels nous restons toujours semblables dans le fond, et qui s'amusent à jouer avec des cubes sur lesquels des fragments d'images sont peints. Mais le raisonnement le plus élémentaire, mais toute l'expérience antérieure nous démontrent que, dans le domaine sensible, nous sommes incapables d'atteindre l'absolu et, par conséquent, impuissants à rien affirmer. Nous sommes perdus au milieu du mouvant sans un point fixe pour nous repérer, dans un monde qui, suivant le mot de Pascal, n'a ni circonférence ni centre. Nous sommes prisonniers de nos sens et, particulièrement, de notre appareil visuel, dont les illusions, patiemment corrigées, resteront toujours une cause inévitable d'illusions et d'erreurs. Nous sommes constamment occupés à généraliser l'individuel, à objectiver le subjectif, à admettre que « post hoc, ergo propter hoc ». Quelle erreur, dans un état semblable, d'affirmer à tout propos et de croire sans discussion tout ce qu'on nous affirme ! La foi a son domaine comme mobile souverain d'actions et de vertus. Mais, en matière de science, le scepticisme cartésien restera toujours l'attitude la plus sage et la plus prudente.

L. De Launay,
*de l'Académie des Sciences.*

# Deux catégories de courants telluriques

1. — Généralités sur les courants tellériques.

Par courants telluriques, on entend certaines manifestations électriques qui de temps à autre se produisent avec force dans les lignes et les câbles télégraphiques, au point d'y interrompre le service des dépêches. On les a connus dès l'établissement des premières lignes. Ces courants désordonnés sont toujours accompagnés de troubles analogues du magnétisme de la Terre et fréquemment aussi d'aurores polaires, visibles, la nuit, jusqu'à nos latitudes. On les désigne comme tempêtes telluriques et tempêtes magnétiques. Leur cause commune est dans le Soleil ; l'agitation à sa surface se manifeste, à certaines époques, par de grandes taches, foyer d'émanations électro-magnétiques qui viennent troubler les forces électriques et magnétiques de notre globe. Sans aller jusqu'à former des taches, l'agitation du Soleil est incessante et produit dans les lignes de petites ondes électriques irrégulières se superposant au courant faible qui y passe toujours, même en dehors des moments de crise.

Ce Courant tellurique faible et continu dans l'écorce terrestre et dans les lignes télégraphiques doit être assimilé au magnétisme faible et continu qui subsiste aussi dans cette écorce et dans l'aiguille aimantée. C'est ce courant-là que nous étudierons dans le présent article. Comme le magnétisme terrestre, il est soumis à des lois

fixes de variations. La détermination de celles du magnétisme est de la dernière importance pour la navigation tant maritime qu'aérienne ; il est à présumer que celles du courant tellurique, plus complètement étudiées après ce que j'ai à faire connaître de l'extension et de la nature du phénomène, trouveront un jour une application pratique qui justifiera jusqu'au bout l'étroite parenté qu'il a avec le magnétisme terrestre.

2. — Les observations des Courants telluriques depuis leur découverte jusqu'aujourd'hui.

C'est vers 1840 qu'ont été établies les premières lignes télégraphiques et que sont connus les courants électriques naturels qui les traversent. Beaucoup d'observations de ces courants furent faites, en raison de leur nouveauté et de leurs rapports avec le magnétisme terrestre ; mais peu furent assez continues pour qu'on pût entrevoir les lois de leurs variations ; c'est qu'il y avait et qu'il y eut toujours une sérieuse entrave qui restreignait et finit même par tuer le zèle des observateurs : on ne connaissait pour l'observation que l'emploi des grandes lignes télégraphiques. Or, ces lignes sont créées à grands frais pour tout autre chose que des observations scientifiques. Après un demi-siècle de tentatives plus ou moins fructueuses, l'étude des Courants telluriques cessa absolument vers 1900.

En 1910, l'initiative des Pères Jésuites de l'Observatoire de l'Èbre, à Tortosa en Espagne, rappela à la vie l'observation des courants telluriques : ils installèrent deux lignes orientées et de moyenne longueur, 1400 mètres.

En 1916, rompant avec une tradition tyrannique, je cherchai, à Jersey, le courant tellurique sur une ligne longue de dix kilomètres qui n'était pas aérienne, mais entièrement souterraine, entièrement en contact avec le sol humide, ce qui était assurément bien nouveau et

assez compromettant ; cette ligne était formée des deux canalisations du gaz et de l'eau de la ville de St-Hélier. Mon audace fut cependant couronnée de plus de succès que je ne pouvais en attendre : non seulement je trouvais le courant tellurique cherché, mais je le trouvais avec des variations qui constituaient à la lettre une *marée électrique*. C'est, j'ose le dire, pour les courants telluriques, le point de départ d'une extension, d'une transformation, qui font infiniment regretter certaines circonstances qui ont empêché ce progrès d'avoir eu lieu quarante années plus tôt. Je vais revenir sur ce sujet.

En 1921, une station d'observation des courants telluriques dans quatre directions a été créée près de Sauveterre de Béarn (Basses-Pyrénées, France).

En 1921 encore, le Département magnétique de l'Institut Carnegie, à Washington, s'est entendu avec le Gouvernement de Melbourne pour l'installation de deux observatoires en Australie, où l'on étudiera à la fois le magnétisme terrestre et les courants telluriques.

Voilà où en est présentement la question. On se remue pour la remettre sur pied ; j'estime qu'une impulsion nouvelle et considérable sera donnée à ces observations comme conséquence des deux faits que j'ai à faire connaître par le présent article.

3. — Premier fait : La forme marine du Courant tellurique etait connue dès 1881.

Le courant tellurique observé sur le continnt a peu être regardé comme tirant son origine du Soleil. Personne ne s'aviserait aujourd'hui d'y faire intervenir la Lune ; le cas de la marée électrique observée en terre, à Jersey, reste isolé : on ne croit pas même, sans doute, avoir de raison de le mettre dans la catégorie des courants telluriques. Il diffère certainement des courants connus généralement, mais il n'en appartient pas moins à une catégorie, je ne dis pas nouvelle, mais négligée, oubliée,

la catégorie des courants telluriques marins dont on ne se soucie pas. On a tort ; car ces courants existent ; on les a observés pour la première fois en 1851, dans le câble télégraphique de Douvres à Calais, aux premiers jours de sa pose entre l'Angleterre et la France. Il n'est que temps de les remettre en lumière.

L'observation de 1851 a donné lieu à une intéressante intervention du célèbre physicien Faraday, alors professeur à l'Institut Royal de Londres. L'ingénieur Charlton Wollaston avait assisté, en 1846, à des mesures du courant tellurique faites dans les lignes télégraphiques rayonnant de Derby, au centre de l'Angleterre, par M. W. H. Barlow. Quand, cinq ans plus tard, il fit ses observations sur le câble du Pas-de-Calais, il ne retrouva pas les variations obtenues à Derby, et jugea bon de n'en rien dire. Mais ce désaccord l'intriguait beaucoup et il ne cessa d'y penser. En 1854, il avait fini par se persuader que les courants de marée dans le Détroit avaient influencé les variations électriques dans le câble. Il alla s'en ouvrir au Professeur Faraday, qui, non seulement approuva l'idée, mais lui fit lire dans un de ses ouvrages la prévision et la prédiction des effets observés dans le cas où un fil conducteur serait jamais suspendu entre Shakespeare's Cliff et le Cap Gris-Nez.

Tout cela ne fut cependant révélé au public que vingt-sept ans après, en 1881, dans les circonstances suivantes.

Un ingénieur des Télégraphes anglais, J.-S. Adams, connu déjà pour ses études des Courants telluriques de l'intérieur de l'Angleterre, ayant eu occasion de parcourir une série d'observations faites par James Graves, sur une ligne côtière (probablement la ligne même qu'il va choisir), y avait trouvé des traces assez sensibles d'un influence lunaire. Voulant en avoir le cœur net, il s'associa quatre de ses amis et co-employés aux Télégraphes de Londres et entreprit d'observer, tous les quarts d'heure, pendant la lunaison du 28 mars au

23 avril 1879, les variations électriques dans la grande ligne de Londres à Cardiff (200 kil.), parallèle à la côte méridionale de l'Angleterre. Il arriva à cette conclusion que la Lune imprimait toutes ses variations au Courant tellurique de cette ligne.

J.-S. Adams communiqua ces observations et leur conclusion à la *Society of Telegraph Engineers and Electricians*, dans la réunion du 10 février 1881. Pareille communication fut non seulement applaudie comme elle le méritait, mais elle donna lieu aussitôt à un réveil de souvenirs, vieux de trente ans, qui élargissait la question des Courants telluriques et les montrait sous un jour bien inattendu.

Je me contenterai de citer par ordre chronologique les observations faites et rappelées en cette réunion de février et dans celle d'avril suivant de la Société des Ingénieurs anglais, en y ajoutant un dernier cas rapporté en 1919 par Electical Review.

En 1851, M. Charlton Wollaston observe sur le câble de Douvres à Calais l'influence de la marée, influence prévue et prédite par Faraday.

Quelques années après, le même observe l'influence de la marée de la Tamise sur une ligne de East Greenwich.

En 1858, M. H. C. Saunders observe à Valencia, en Irlande, l'influence de la marée dans un tronçon de 300 milles du câble transatlantique rompu l'année précédente.

En 1871, le même observe encore l'influence de la marée sur un tronçon de 106 milles du câble rompu entre Aden et Suez, dans la Mer Rouge.

En 1873, M. James Graves fait des observations sur une ligne d'Angleterre, près des côtes, dans lesquelles M. J. S. Adams trouve une influence lunaire.

En 1879, M. J. S. Adams, avec la coopération de quatre de ses amis, observe pendant une lunaison entière le

Courant tellurique dans la grande ligne de Londres à Cardiff. Il trouve ses variations en complet accord avec le mouvement de la Lune, sauf une avance moyenne de deux heures, avance que j'ai observée, à Jersey, de la marée électrique sur la marée océanique.

En 1881, l'ingénieur Dresing apprend par une lettre d'un ami d'Écosse que le courant électrique dans le câble qui relie l'Écosse à la Norvège est réglé par la marée de la mer du Nord.

En 1885, M. Raymond-Barker observe l'influence de la marée sur le câble en activité de Madère au cap St-Vincent.

Voilà donc, en l'espace de trente-quatre années, huit séries d'observations du Courant tellurique, dont deux dans des lignes aériennes et six dans des câbles sous-marins, qui accusent formellement une influence des marées sur ses variations et qui viennent corroborer mes observations personnelles faites à Jersey de 1916 à 1922.

S'il existe des Courants telluriques *continentaux*, déjà assez bien connus par les études qu'en ont faites, en 1890, Weinstein, pour deux grandes lignes télégraphiques d'Allemagne, en 1922, M. L. Bauer, pour les deux lignes de moindre longueur de l'Observatoire de l'Èbre, il en existe de *marins*, observables dans les Océans et sur les rivages qu'ils baignent de leurs marées.

Je ne puis passer sous silence un fait des plus regrettables qui, me semble-t-il, ne doit pas être pour rien dans l'indifférence avec laquelle on paraît avoir accueilli les faits rapportés par le JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEUR D'ANGLETERRE. Il est évident qu'au Congrès d'Électricité, tenu à Paris six ou sept mois plus tard, il n'a pas dû être question de ces Courants telluriques marins ni d'influence lunaire, car on y a résolu un effort général pour multiplier, pendant deux ou trois années consécutives, les observations sur les lignes télégraphiques de l'intérieur du continent, sans qu'aucune mesure ait été prise

pour organiser de ces observations sur les côtes et sur les câbles sous-marins. La vérité, et le tort subi par la vraie science, m'obligent à signaler ici ce qui ressort d'un document publié en 1884, *Étude des courants telluriques*, par E. E. Blavier, Inspecteur Général des Télégraphes (de France) et Directeur de l'École Supérieure de Télégraphie. Un tel personnage a dû exercer une forte influence sur les discussions et les résolutions du Congrès d'Électricité de Paris. Or, voici ce qu'il écrivait, page 11, § 16, dans son *Étude* : « *M. J.-S. Adams, en comparant aux mouvements diurnes de la Lune une série d'observations faites du* 1er *au* 21 *avril* 1879, *sur la ligne de Londres à Cardiff, en a conclu qu'il existe une relation directe entre les deux phénomènes..... Les expériences de M. J.-S. Adams ne paraissent pas assez nombreuses pour qu'on puisse en tirer une pareille conclusion* ». Et il n'est plus question dans l'*Étude* d'influence lunaire sur les courants telluriques. On remarquera qu'aucune allusion n'est faite aux autres observations concluant à cette influence, qui furent révélées à la suite de la lecture du Mémoire de J.-S. Adams : l'ostracisme de Blavier était complet ; tout a été condamné du même coup.

4. — Rapide étude des deux catégories de Courants telluriques,

Leurs domaines sont nettement séparés : aux uns les Continents et les grandes terres, aux autres les Océans et surtout les rivages qu'ils baignent de leurs flots. Je dis Océans et non mers, parce que les marées sont à l'origine des Courants telluriques marins, et qu'il y a des mers sans marée bien appréciable, ainsi la Méditerranée.

Les courants telluriques continentaux sont déjà bien connus dans leurs variations principales par les observations de Berlin (Weinstein) et de Tortosa (L. Bauer), et les Courants telluriques marins par les observations de

Jersey (M. Dechevrens). La première question qu'il y aura intérêt à étudier sera de fixer la largeur de la zone côtière où la marée océanique étend encore son influence sur le Courant tellurique : le critérium à appliquer consistera à chercher où cesse la mobilité des phases de la variation diurne, cette mobilité étant la caractéristique du Courant tellurique marin. Cette recherche supposera des moyens plus appropriés et considérablement moins coûteux que des lignes télégraphiques ordinaires. Les très courtes lignes, même de dix mètres seulement, que je préconiserai plus loin, satisferont à tous les desiderata à cet égard.

A) — *Directions et intensités des deux catégories de Courants telluriques.*

Comme type du Courant tellurique continental, je prendrai le Courant observé depuis onze ans à l'Observatoire de l'Èbre, à Tortosa (Espagne). Cet observatoire n'est cependant qu'à 15 kilomètres de la Méditerranée ; mais la marée de celle-ci, comparée à celle de l'Atlantique, surtout dans la Manche, est si faible que c'est seulement ici que, pour la première fois, il en sera fait mention.

Les deux lignes croisées que s'est données l'Observatoire ont chacune 1400 mètres de longueur. Leurs directions sont à 25° à l'Ouest du méridien et de sa perpendiculaire. Dans la première, le courant tellurique marche du N. au S. avec un potentiel moyen de 0,29 volt par kilomètre (1913-1918); dans l'autre il marche de l'W. à l'E., avec un faible potentiel de 0.02 volt. Il suit de là que le Courant tellurique résultant à Tortosa, a pour direction N. 29°W (NW-SE) et pour potentiel 0,291 volt par kilomètre. Malgré l'erreur d'orientation des deux lignes, je ne changerai rien aux observations données comme correspondant aux directions N-S et W-E.

A Jersey le Courant tellurique marin n'a été observé, de septembre 1916 à décembre 1919, que dans une direc-

tion, celle des conducteurs souterrains, approximativement perpendiculaire au méridien ; leur longueur commune est d'environ 10 kilomètres. Voici comment on peut déterminer le sens du courant moyen dans cette direction.

Disons d'abord que l'amplitude maximum des variations observées, qui sont la marée électrique, est 1 /10 de l'intensité moyenne du Courant tellurique moyen. On peut, par la pensée, distinguer ces variations du courant moyen et les regarder comme un courant faible lancé suivant la même direction que le courant moyen, dans le même sens que lui, ou en sens opposé. Si les deux mouvements sont de même sens, le courant principal paraît augmenté; quand ils sont opposés, le courant paraît diminué. Dérivée normalement de la marée océanique, qui se propage dans la Manche de l'Ouest à l'Est, la marée électrique aurait ses phases en concordance avec la mer si elle s'ajoutait positivement au Courant tellurique qui aurait le même sens qu'elles deux. Puisque la marée électrique s'en retranche, au contraire, c'est que le courant moyen marche contre elle : il marche donc de l'E. à l'W. dans les conducteurs souterrains.

Son potentiel moyen pour ces trois années a été 0,089 volt. S'il était admissible que l'on pût réduire, comme on l'a fait à Tortosa, ce potentiel au kilomètre de longueur de la ligne, le courant tellurique, à Jersey, serait assez notablement inférieur à celui de Tortosa.

A partir de 1920, j'ai habituellement délaissé les conducteurs souterrains, dont l'adoption en dehors des conditions exceptionnelles de Jersey pouvait difficilement être recommandée, et j'ai expérimenté de trèscourtes lignes aériennes en trois différents postes, au centre de l'île, à la côte orientale et finalement à l'Observatoire même, où je continue les observations sur une double ligne de treize mètres, établie entièrement dans les caves. Les électrodes y sont enterrées à 0,55 m. de profondeur.

Dans ces trois postes les courants moyens étaient dirigés du S. au N. et de l'E. à l'W. (cette dernière direction est bien celle du courant, déterminée ci-dessus par raisonnement, dans les conducteurs souterrains). A Jersey les deux composantes du Courant tellurique sont donc opposées à celles de Tortosa.

Sous l'Observatoire, les deux lignes ont déjà régulièrement fonctionné pendant deux mois et demi. Les observations horaires de décembre 1922 et de janvier 1923 donneront au moins une idée du Courant tellurique à Jersey dans sa forme normale. Son intensité moyenne serait de 24,4 microampères dans la direction S-N et de 19,0 microampères dans la direction E-W. On tire de là les deux notions générales :

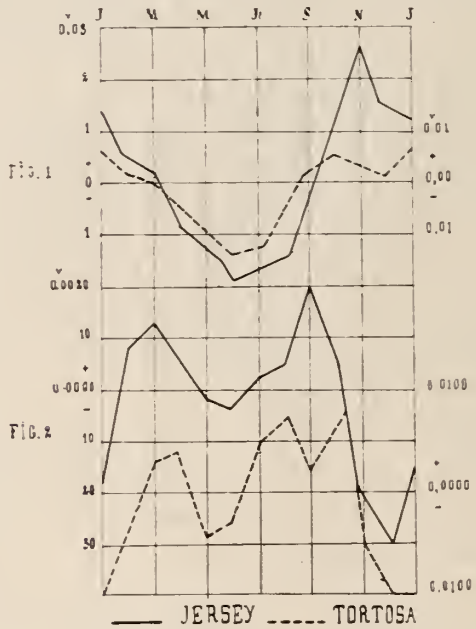
*sa direction : S* 38°E *et son intensité actuelle :* 30,9 *microampères*.

Revenons, pour Jersey, aux observations faites avec les conducteurs souterrains.

*Variations annuelles*. — Sur les longues lignes télégraphiques de Berlin, Weinstein a reconnu une variation du Courant tellurique, dans l'année, assez compliquée ; il y aurait trois époques où le voltage est maximum : en mars-avril, juin-juillet, et septembre, et trois où il est minimum : en décembre, mai-juin, août-septembre. A Tortosa, c'est différent, quoique, sur d'autres points, par exemple, la variation diurne, l'accord soit complet avec Berlin. Il n'y a qu'un maximum dans la ligne N-S, en juillet, et un minimum en septembre. La ligne W-E, par contre, présente deux maxima, en janvier et en octobre, et deux minima, en juin-juillet et en décembre. A Jersey, dans la direction E-W, je ne trouve qu'un minimum, en juin-juillet, et un maximum, en novembre (Pl. 1, fig. 1, p. 312).

Cette diversité de la variation n'en permet pas pour le moment une discussion utile.

Les points de l'échelle de variation nulle (O) (Fig. 1), correspondent aux voltages moyens : 0,089 volt pour




Pl. 1. Fig. 1. — Variation annuelle du Courant tellurique Jersey E-W (3 ans) — Tortosa W-E (6 ans).

Fig. 2. — Amplitude de l'oscillation diurne Jersey E-W (3 ans) — Tortosa N-S (11 ans).

Jersey, 0,020 volt pour Tortosa. Dans les Bulletins de Tortosa les deux voltages moyens donnés pour mai et juin 1915 m'ont paru trop extraordinairement élevés pour être admis sans correction.

*Variations annuelles de l'amplitude de l'oscillation diurne du Courant tellurique* (Pl. 1, fig. 2).

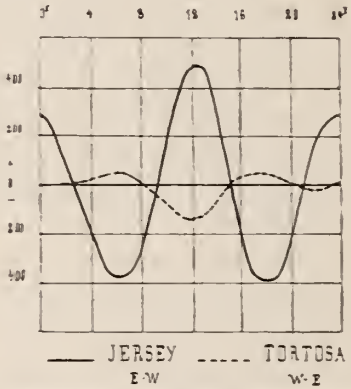
Cette variation, qu'on pourrait aussi désigner comme la variation de *l'activité* du Courant tellurique, dans le cours de l'année, diffère, de fait, de la précédente qui est plus générale et ne vise que les moyennes valeurs mensuelles du courant. Deux mois peuvent avoir une

même valeur moyenne de voltage et avoir eu, en général, l'un de grandes, l'autre de petites amplitudes de la variation diurne. Bien que la variation diurne affecte deux formes différentes à Tortosa et à Jersey, elle y oscille cependant dans les mêmes limites d'écarts et aux mêmes époques de l'année. La fig. 2 montre ces variations qui sont naturellement communes aux deux composantes du Courant tellurique. Pour Tortosa le calcul a été fait par M. L. Bauer pour la ligne principale N.-S. et pour onze années d'observations. Je ne peux mieux faire que de lui emprunter les valeurs qu'il a trouvées, et ce sera d'autant plus intéressant de constater que les trois années d'observations à Jersey sont en bon accord sur ce point important avec la station continentale. Les amplitudes moyennes de la variation diurne sont : pour Tortosa (N.-S.) 0,071 volt, pour Jersey (E.-W.) 0,008 volt. Ici il faut se rappeler que la composante N.-S. vaut dix fois la composante W.-E. à Tortosa.

Par les deux courbes comparées nous voyons que l'activité commune des Courants telluriques atteint son maximum aux deux équinoxes, en mars et septembre, et son minimum aux deux solstices, en juin et décembre. Ces variations paraissent mieux marquées à Jersey qu'à Tortosa : et c'est naturel, puisque le Courant tellurique s'y trouve modelé sur la marée et que la marée, au cours de l'année, a ses plus grandes hauteurs aux équinoxes et ses plus faibles aux solstices. Cette variation annuelle de l'activité des Courants telluriques, dont une catégorie, celle de Jersey, a d'étroites relations avec un phénomène en dépendance évidente de la Lune, donne à croire que l'autre catégorie, celle de Tortosa, ne saurait être entièrement libre de ces mêmes relations. Et voilà comment l'influence lunaire que Blavier voulait à tout prix exclure de la théorie des Courants telluriques, s'impose à notre esprit dès le début de leur étude comparative.

*Variations diurnes des courants telluriques des deux catégories.*

Nous les étudierons d'après les trois années 1916,[5]-1919 d'observations sur les conducteurs souterrains à Jersey, et les quatre années 1913-1917 d'observations dans la même direction perpendiculaire au méridien, à Tortosa. Aux deux stations, les seules observations par journées calmes seront utilisées, 350 à Jersey, 240 à Tortosa. S'il y en a moins à Tortosa qu'à Jersey, c'est qu'on y a pour règle de ne choisir dans chaque mois que cinq journées calmes seulement.




Pl. 2. Moyennes variations diurnes du Courant tellurique
Journées calmes
Jersey 1916-1919 — Tortosa 1913-1917

On observe d'abord que les courants moyens, à Jersey et à Tortosa, sont entre eux comme 91 à 21, et les moyennes amplitudes d'oscillation comme 366 à 65. Si le courant moyen est quatre fois plus fort à Jersey, sa moyenne oscillation est six fois plus grande qu'à Tortosa.

Le diagramme montre combien les variations diurnes des deux types de courants telluriques se ressemblent, bien qu'elles se produisent en sens différents, parce que les courants moyens ont des sens contraires, à Jersey et à Tortosa.

Une étude détaillée des chiffres que ce diagramme représente prouve que la variation des Courants telluriques

est essentiellement constituée chaque jour par deux oscillations complètes de 12 heures de durée, ou semi-diurnes, modifiées par une oscillation de 24 heures, ou diurne. L'importance de celle-ci est grande à Tortosa, et presque nulle à Jersey. De là les deux formes assez distinctes des courants continentaux et des courants marins, Pl. 2, p. 314. Le fort minimum du milieu du jour dans la ligne W.-E. de Tortosa, serait plus élevé encore (max.) dans la ligne N.-S., dont la variation diurne est dix fois plus grande que dans la ligne W.-E. A Jersey, les deux ondes de jour et de nuit sont plus égales. Elles sont plus égales parce que, si à Tortosa l'onde diurne vaut presque les trois quarts de l'onde semi-diurne, ce qui déforme celle-ci, à Jersey cette onde semi-diurne vaut sept fois l'onde diurne : c'est dire qu'elle reste à peu près seule.

Il peut être intéressant de constater la persistance d'une année à l'autre, des conditions qui établissent ce rapport entre les deux ondes essentielles de la variation diurne du Courant tellurique à Jersey. Désignons par $C_1$ et $C_2$ les moyennes variations (demi-amplitudes) des deux ondes constituantes diurne et semi-diurne, et par $\alpha_1$ et $\alpha_2$ des angles qui marquent les heures des maxima de ces ondes. Nous trouvons :

$$1917 \begin{cases} C_1 = 0.00090 \\ C_2 = 429 \end{cases} \quad \begin{cases} \alpha_1 = 233{,}3 \\ \alpha_2 = 78{,}8 \end{cases}$$

$$1918 \begin{cases} C_1 = 31 \\ C_2 = 377 \end{cases} \quad \begin{cases} \alpha_1 = 296{,}6 \\ \alpha_2 = 85{,}7 \end{cases}$$

$$1919 \begin{cases} C_1 = 55 \\ C_2 = 350 \end{cases} \quad \begin{cases} \alpha_1 = 277{,}6 \\ \alpha_2 = 100{,}0 \end{cases}$$

Une remarque importante à faire pour la comparaison des heures des maxima et des minima. Les voici en tableau:

| | JERSEY | | TORTOSA | |
|---|---|---|---|---|
| | Composante E.-W. | | Composante W.-E. | |
| *Onde* | *diurne* | *semi-diurne* | *diurne* | *semi-diurne* |
| Minimum | 0 h. | 6 h. | 12 h. | 11 h. |
| Maximum | 12 h. | 12 h. | 0 h. | 5 h. |

| | JERSEY | | TORTOSA | |
|---|---|---|---|---|
| | Composante S.-N. | | Composante N.-S. | |
| Minimum | 6 h. | 12 h. | 20 h. | 5,5 h. |
| Maximum | 18 h. | 6 h. | 8 h. | 11,5 h. |

Le fait que les valeurs extrêmes sont atteintes approximativement à la même heure, mais en sens opposés, à Jersey et à Tortosa, signifie que deux mêmes causes produisent des variations dans les deux stations, quelles que puissent être les directions des courants moyens. Cela suppose, par conséquent, ce que j'ai dit, page 310, qu'on pouvait, je dis maintenant qu'on doit, distinguer le courant moyen de sa variation, que ce sont deux différents courants, l'un fort et continu, l'autre faible et alternatif (1) marchant dans une même direction.

Qu'est-ce alors que le courant moyen et qu'est-ce que sa variation ?

5. — Essai d'une théorie des courants telluriques.

*Origine de l'oscillation semi-diurne.*

A Jersey le courant tellurique est une marée électrique dérivée certainement de la marée océanique. Il y a, par conséquent, à son origine l'attraction composée du Soleil et de la Lune.

A Tortosa la variation quotidienne est constituée aussi d'une onde semi-diurne. Relativement au courant moyen cette onde se comporte comme l'onde semi-diurne à Jersey, d'après le tableau ci-dessus des heures des minima et maxima. L'onde, en effet, diminue (minimum) le courant moyen $\binom{W-E}{N-S}$ quand, à Jersey, elle l'augmente (maximum) $\binom{E-W}{S-N}$ : c'est que, marchant dans le même sens aux deux endroits et avec les mêmes

(1) Par alternatif nous entendrons qui va et vient deux fois dans les vingt-quatre heures.

alternatives dans ses mouvements, elle se mêle à deux courants continus de directions opposées.

On peut donc croire que l'onde semi-diurne, à Tortosa, a la même origine qu'à Jersey et qu'elle résulte de l'attraction des astres. Mais elle en résulte autrement, c'est-à-dire par un autre intermédiaire. A Jersey cet intermédiaire est la mer, à Tortosa c'est la terre, le continent, l'écorce du globe non recouverte d'eau. En cela, rien d'extraordinaire. Une notice de l'Ann. du Bur. des Longit. de 1910 dit clairement que les attractions du Soleil et de la Lune produisent la même dénivellation sur l'Océan et sur l'écorce, c'est-à-dire :

| | | | |
|---|---|---|---|
| pour le Soleil : | 15 cm. à l'équat. — | 7 1/2 cm. à 45° — | 0 cm. au pôle |
| pour la Lune : | 34 | 17 cm. | 0 |

L'onde semi-diurne ne serait accompagnée d'aucune onde diurne appréciable. La Lune exciterait cependant encore une onde semi-mensuelle qui aurait pour valeur 3 cm. à l'équateur et 1 1/2 cm. à 45°.

Il y a toutefois une grosse différence entre les marées liquides et les marées sèches, c'est que les premières, en se propageant vers les rivages, s'exaltent avec le relèvement des fonds et donnent lieu, comme à Jersey, dans le fond de la Manche, à une dénivellation de 14 m. aux équinoxes. De là une valeur relative de l'onde semi-diurne bien plus grande à Jersey qu'à Tortosa.

| | 1. *Cour. moy. M.* | 2. *Onde s.-diurne* | *Rap. de 2 à 1* |
|---|---|---|---|
| à Jersey (E-W) | 0.09144 volt | 0.00385 volt | 0.042 |
| à Tortosa (W-E) | 0.02131 | 0.00058 | 0.027 |

La marée électrique, à Jersey, dérivant directement de la marée de l'Atlantique dans sa propagation vers les côtes de France par la Manche, la marche croissante de la première doit s'accorder naturellement avec la montée de la mer sur nos rivages. La variation électrique va donc croissant d'Ouest à Est. Mais alors elle est opposée

au Courant tellurique moyen que nous savons dirigé, à Jersey, d'Est à Ouest. Le refoulement se traduit par une diminution de son voltage et ainsi, pendant que la mer monte, le Courant tellurique perd de son voltage. La marée électrique, qui est la variation du courant moyen, est en opposition avec la marée océanique. Voilà enfin expliquée cette opposition des deux marées que j'avais observée dès 1916 et qui intrigua si fort ceux qui voulurent bien s'occuper de ce phénomène.

Après cela rien de plus facile que de faire l'application du même principe aux autres directions et composantes des Courants telluriques. A Jersey, parallèlement au méridien le Courant tellurique moyen va du Sud au Nord. Donc, la composante dans cette direction se développera aussi du S. au N. comme la marée océanique, c'est-à-dire que la variation électrique sera un accroissement de voltage pendant la marée montante ; les deux marées sont ici concordantes. Et c'est ce que j'ai observé en trois points de l'île où j'ai été successivement, en 1921 et 1922, établir de petites lignes aériennes croisées : marées électriques droites du S. au N., marées renversées de l'E. à l'W. A Tortosa, les deux variations des composantes N.-S. et W.-E. sont également opposées l'une à l'autre dans tous leurs points. De plus, chacune de ces deux variations est opposée à sa correspondante à Jersey ; rien de plus naturel du moment que les directions générales des courants moyens sont elles-mêmes opposées : à Jersey S.-N. et E.-W., à Tortosa N.-S. et W.-E. C'est simple, dira-t-on ; mais il faut bien convenir qu'il est assez curieux de voir la marée de l'Atlantique paraître réglementer les Courants telluriques sur les bords de la Méditerranée distants de plus de 800 kilomètres, tout comme à Jersey qui est livré directement à l'assaut de ses marées.

Encore une particularité qui demande à être expliquée. A Jersey la marée électrique est en avance de 1 heure et demie à 2 heures sur la marée océanique : la même avance

a été reconnue par les observations de J.-S. Adams, sur la longue ligne de Londres à Cardiff en 1879. Cette avance serait la conséquence de cette propriété des courants d'induction de croître en intensité avec les mouvements de l'inducteur. Les mouvements de la marée montante sont le plus rapides quelque temps avant que la mer atteigne son plein. Il serait intéressant de rechercher si une semblable avance du maximum de la variation diurne à Tortosa se pourrait constater avec le plein de la marée océanique sur la côte occidentale du Portugal. Il est vrai que les Courants telluriques, d'après les Bulletins de l'Observatoire de l'Èbre, sont, dans ces parages, incomparablement plus irréguliers qu'à Jersey et que des recherches de détail n'y sont point du tout faciles.

*Origine de l'onde diurne.*

Le fait que cette onde constituante du Courant tellurique n'entre que pour une très faible part dans les courants marins et qu'au contraire elle se montre forte dans les courants continentaux, oblige à chercher sa cause dans un phénomène qui ait peu de prise sur l'eau, mais qui soit puissant sur la terre : je ne vois de tel que la radiation calorifique du Soleil. S'il en est ainsi, comme l'échauffement sur notre globe, dans l'hémisphère nord, se propage *de l'Est à l'Ouest*, et *du Sud au Nord*, sa manifestation électrique par une variation du moyen courant tellurique sera, à Jersey, positive (+) dans les deux composantes E.-W-. et S.-N., à Tortosa négative (—) également dans les deux composantes W.-E. et N.-S. Et c'est bien ainsi que le développement de l'onde diurne répond en ces quatre composantes aux exigences de l'échauffement diurne. Il serait difficile de demander une plus satisfaisante concordance entre la théorie et l'observation.

*Origine de l'onde tiers-diurne ou de 8 heures.*

L'analyse mathématique de la variation diurne du

Courant tellurique fait reconnaître l'existence d'une troisième onde associée aux deux précédentes. On la désigne comme onde tiers-diurne, parce que, sa période étant de huit heures, elle se reproduit trois fois dans la journée.

*Phases de l'onde tiers-diurne :*

S.-N. maximum à min., 8 h. et 16 h.
E.-W. minimum à min., 8 h. et 16 h.
N.-S. minimum à min., 8 h. et 16 h.
W.-E. maximum à min., 8 h. et 16 h.

L'onde tiers-diurne s'additionne aux composantes S.-N. et W.-E. ; elle se retranche des deux autres N.-S. et E.-W. Donc la direction de propagation de cette troisième onde est *de l'Ouest à l'Est* et *du Sud au Nord.*

On remarquera que les trois ondes de la variation diurne des courants telluriques se propagent du Sud au Nord ; deux d'entre elles, la 2e et la 3e, vont de l'Ouest à l'Est ; seule l'onde d'échauffement va de l'Est à l'Ouest. Quel phénomène d'ordre général peut entraîner ces variations électriques à trois heures si nettement déterminées, minuit, 8 h. et 16 h. ? Je ne le vois pas.

*Origine du courant tellurique moyen.*

Nous avons été amenés à scinder le Courant tellurique en un moyen courant continu et en trois courants alternatifs de variations. Qu'est-ce que le Courant tellurique moyen ?

Quand on parle de la marée, c'est avant tout la dénivellation superficielle de la mer qu'on se représente. Mais là n'est pas toute la marée, ce n'est pas même sa partie principale, ce n'en est que la résultante apparente. Il faut voir encore les énormes masses d'eau qui s'agitent en dessous, les courants verticaux et horizontaux qui à tout instant en changent la physionomie et ne pas perdre un instant de vue que la marée, loin d'être purement à la surface, saisit l'Océan jusque dans ses plus

grandes profondeurs. Le courant tellurique moyen résulterait de cette agitation générale, comme ses variations apparentes résultent de la dénivellation superficielle qui en est la conséquence inéluctable.

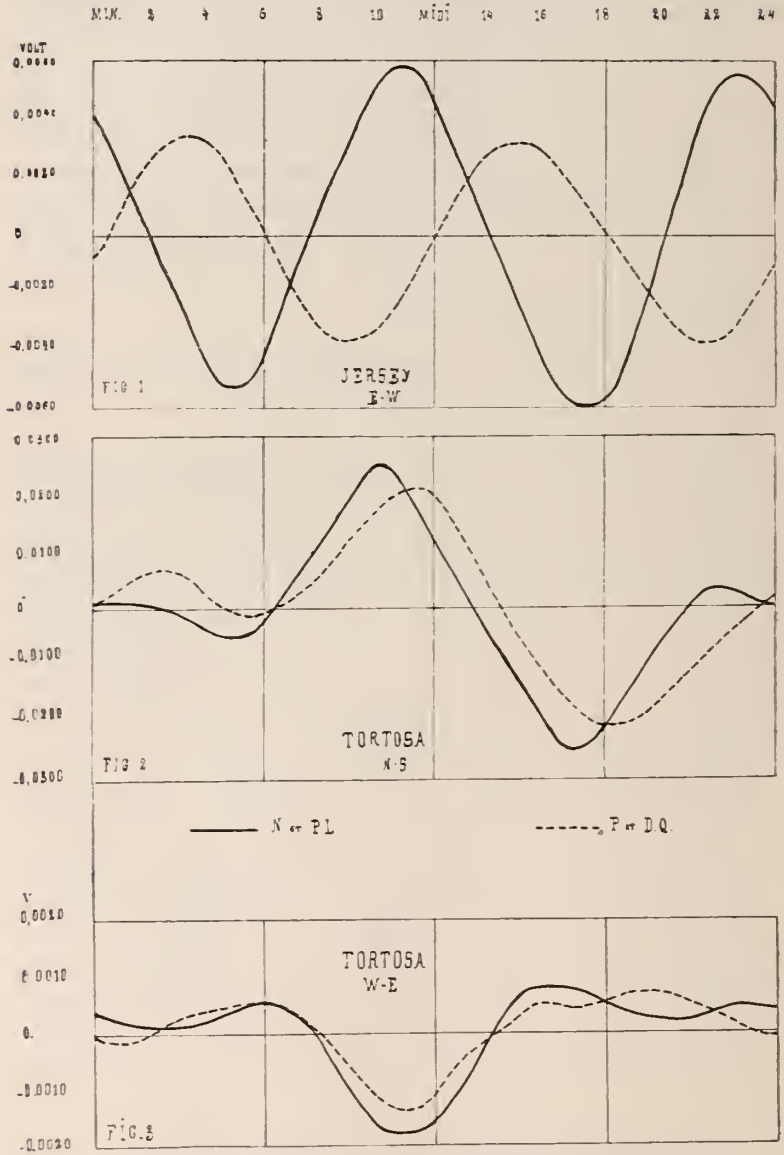
Il se passe quelque chose d'analogue sur le continent, moins les courants de transport que la rigidité des roches ne permet pas. L'attraction des astres et la radiation calorifique du Soleil pénètrent l'écorce du globe, y agitent ses molécules et la soulèvent. Tout cela, comme en mer, donnerait naissance aux courants moyens et à leurs variations apparentes. Ce sont là d'intéressants sujets d'étude pour l'avenir.

### 6. — Variations des Courants telluriques pendant la révolution synodique de la Lune.

Par tout ce qui précède, j'ai montré que les Courants telluriques, même les courants continentaux (1), n'étaient pas d'origine purement solaire, mais qu'ils étaient soumis à une influence indirecte de la Lune par les marées soit de l'océan, soit de l'écorce du globe. Je puis en donner encore une autre preuve. Ce sont les déplacements quotidiens de la Lune sur son orbite (révolution synodique) qui font retarder les marées de 50 minutes d'un jour à l'autre. De la N. L. au P. Q. et de la P. L. au D. Q., ces retards accumulés font 5 ou 6 heures : c'est un tel retard, à Jersey, qui a occasionné (Pl. 3, fig. 1) le déplacement de la courbe pointillée (aux quadratures) par rapport à la courbe en trait continu (aux syzygies), en même temps qu'une notable diminution de l'amplitude de la variation. Ces deux séries, aussi bien que les autres pour Tortosa (fig. 2 et fig. 3), ont été tirées de trois lunaisons d'été, juin, juillet et août 1917. A Jersey, le déplacement est de 5 heures complètes ; il se poursuivra dans

(1) On se rappellera que la variation diurne à Berlin est exactement la même qu'à Tortosa.

Pl. 3. Comparaison des variations du Courant tellurique à Jersey et à Tortosa aux phases de la Lune.
Lunaisons de juin, juillet et août 1917.




Variations rapportées au mouvement de la Lune.

*Nota.* — Pour comparer ces Courbes, tenir compte des rapports des échelles.

le même sens jusqu'à la fin de la révolution synodique de la Lune. A Tortosa, dans la ligne principale N.-S. (fig. 2) il y a également un déplacement des phases de la variation diurne, mais il n'est que de 2 heures et ne se poursuivra pas ; la variation rétrogradera pour se retrouver, à la P. L., à la place occupée à la N. L. La cause de la faiblesse du déplacement et du retour qui suit, est la présence de l'importante onde diurne dont le grand maximum est fixé entre 10 h. et 11 h. (non à midi pour la même raison qui donne à la marée électrique une avance de près de 2 heures sur la marée océanique). Cette opposition de la part de l'onde diurne au déplacement de la variation est plus marquée encore dans la ligne W.-E., précisément parce que les deux mouvements sont directement contraires. Mais, malgré tout, ici comme dans l'autre ligne, le déplacement de la Lune sur son orbite a occasionné une diminution de l'amplitude de la variation du Courant tellurique.

Maintenant il faut conclure que les deux catégories des courants telluriques subissent l'influence de la Lune par l'intermédiaire des marées liquides ou sèches. Cette influence a son plein effet sur les courants marins ; elle est fortement combattue, et par conséquent dissimulée, par la radiation solaire chez les courants continentaux. La distinction des deux catégories est donc toujours à faire.

### 7. — Avantages d'observer les Courants telluriques avec de courtes lignes.

L'opinion générale que les Courants telluriques ne pouvaient être bien observés que dans les grandes lignes aériennes et dans les câbles sous-marins a tôt fait d'amener l'abandon des unes et des autres comme impraticables, et par suite l'abandon de cette étude. Il ne servirait de rien d'avoir un instant rappelé l'attention sur ce sujet et d'en avoir élargi le champ d'observation, si en même

temps ne sont présentés aux observateurs de bonne volonté de nouveaux moyens qui les engagent à un nouvel effort. C'est évident. Aussi je propose de substituer des lignes de 10 mètres aux précédentes lignes de 1000 m. qu'on déclarait la limite inférieure des longueurs à employer pour réussir les observations des Courants telluriques. Au cours de ces deux dernières années j'ai expérimenté avec de courtes lignes de 25 m., de 15 m., de 13 m., de 10 m. et de 5 m., en trois points de l'île, au milieu, à la côte orientale et à l'Observatoire St-Louis où je maintiens en fonctionnement continu une double ligne de 13 m., établie entièrement dans ses caves. Le critérium appliqué à ces diverses lignes était la marée électrique retrouvée partout, mais plus ou moins déformée quand les électrodes manquaient de profondeur. A la côte orientale j'ai assisté au début et au développement de la grosse tempête électrique et magnétique du 13-16 mai 1921.

Pour établir une ligne de bon rapport, on choisira pour électrodes deux plaques semblables de cuivre rouge de 20 cm. de côté. On y rivera un fil fort de cuivre qu'on isolera bien du sol (par exemple, dans un bambou) et qu'on mènera de là jusqu'au galvanomètre sensible. Les plaques seront enterrées entre 80 et 100 cm. de profondeur, bien entourées, si c'était nécessaire, dans un terrain peu homogène, d'une même bonne terre. On leur donnera l'écartement qui constituera la longueur même de la ligne. Quant au fil extérieur, on le pliera aux exigences locales. Il serait bon d'abriter par quelques arbres le terrain des électrodes. Enfin, autant que faire se pourra, on établira les lignes en double dans les directions N.-S. et E.-W.

On n'éclaircira la question des courants telluriques que par des séries d'observations comparables. Elles ne pourront l'être qu'avec des lignes établies dans les mêmes conditions. En attendant mieux, je propose d'adopter la

ligne de 10 mètres des électrodes en cuivre rouge de 20 cm. de côté mises en terre à 80 cm. L'emploi de ces courtes lignes ne conduit pas seulement à une énorme économie d'argent, il a sur les grandes lignes l'avantage de faire observer le Courant tellurique *local*, comme avec la boussole on observe le magnétisme *local*, avec le baromètre la pression de l'air *locale*, avec le thermomètre la température *locale*.

Je ne fais qu'indiquer une application des courtes lignes. On trouvera facilement à en installer une à bord des navires ; les deux électrodes seraient immergées à un ou deux mètres de profondeur. Bien des problèmes concernant les Courants telluriques marins pourraient être par là étudiés et résolus.

Marc Dechevrens, S. J.

Jersey, Observatoire St-Louis.

---

# Le comportement animal

## Les attitudes d'un escargot

Cet escargot se nomme *Helix arbustorum L.* Son corps est entièrement noir, sa coquille d'un noir vert avec des bandes alternativement claires et sombres, sa taille ne dépasse guère celle du petit escargot jaune à bandes noires (*H. nemoralis*) que l'on trouve en abondance dans les jardins l'été. *Helix arbustorum* fréquente les endroits humides ; nous avons recueilli nos sujets d'expérience sur les bords d'un étang artificiel situé au voisinage de Nancy. Ce n'est pas au hasard que nous avons choisi cette espèce, mais parce que nous voulions vérifier les observations publiées sur elle par von Buddenbrock concernant spécialement son phototropisme négatif si marqué que, dit cet auteur, il donne l'impression « d'une horreur de la lumière » (1).

L'opinion commune du public, même non initié aux sciences naturelles, est aussi que les escargots, quels qu'ils soient, fuient la lumière. L'originalité de von Buddenbrock est de professer qu'ils la fuient non parce qu'ils la redoutent, mais parce que la lumière les repousse mécaniquement vers l'ombre. Nous avons placé soixante-quinze fois de suite, le même jour et dans les mêmes conditions, un de nos sujets sur une plaque de marbre, en l'orientant

(1) W. von Buddenbrock, *Versuch einer Analyse der Lichtreactionen des Heliciden.* Zool. Jahrb. abt. Zool. und Physiol. B$^{d}$ 37, 313. 1920.

face à une fenêtre. L'animal avait été pris au hasard à l'état normal.

La figure 1 donne six de ses trajectoires successives et résume exactement les soixante-neuf autres : il n'y en eut pas deux, dans toute l'expérience, qui fussent superposables, même grossièrement. Un examen de ce croquis

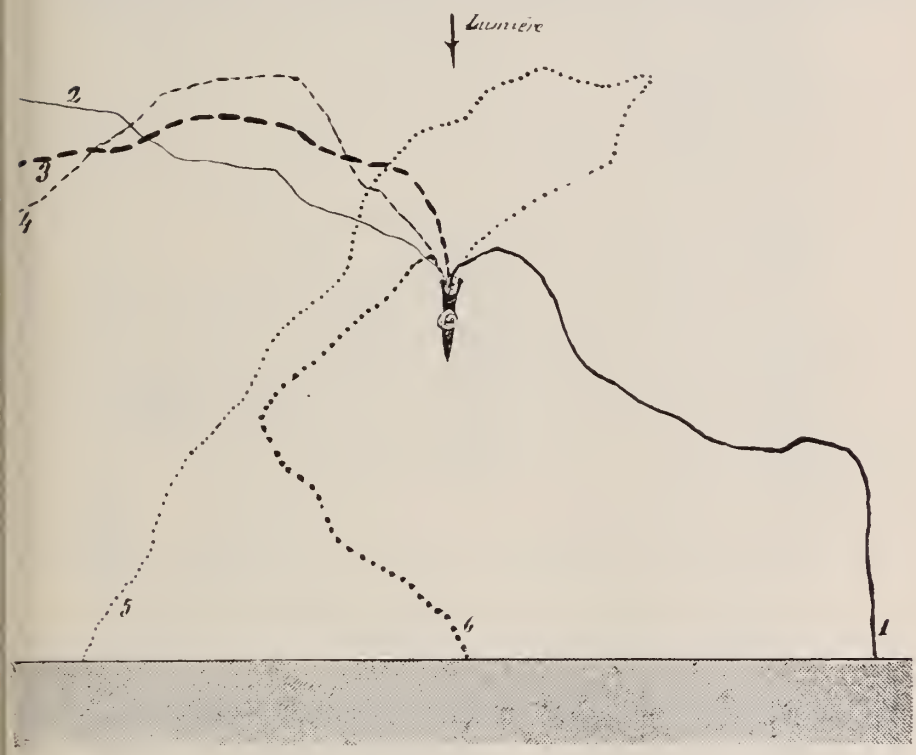



Fig. 1.

montre que si, d'une façon générale, *Helix* s'éloigne de la source lumineuse, il n'y a pourtant pas dans sa marche cette précision géométrique, cet automatisme apparent, qu'on pouvait s'attendre à rencontrer dans un phénomène mécanique. Évidemment l'expérimentateur peut et doit se dire que ces animaux subissent, outre le stimulant

qu'il leur impose, une quantité d'autres stimuli imposés par les circonstances, vent, chaleur, humidité, accidents imperceptibles du substratum, etc.... Dans cette expérience pourtant, qui dura environ deux heures au maximum, ces circonstances sont demeurées pratiquement constantes : le vent était nul, la chaleur invariable, ainsi que l'humidité, et l'emploi d'une table de marbre poli réduisait le substratum au minimum d'aspérités possibles. Il s'en dégagea pour nous l'impression que si *Helix arbustorum* s'écarte incontestablement de la source lumineuse, il ne manifeste pas pour elle une « horreur » qui le ferait fuir selon une trajectoire tendue et ne subit pas de la part de la lumière une poussée mécanique qui, elle aussi, dirigerait sa marche en ligne droite.

Pour préciser la cause des attitudes de l'escargot et spécialement de sa propension à fuir la lumière, nous nous sommes livré à des expériences multiples. Nous les groupons sous les titres suivants : 1. En lumière diffuse.— 2. En lumière solaire. — 3. En lumière artificielle. — 4. Avec emploi d'écrans. — Sur des sujets anormaux visuels.

1. *En lumière diffuse.*

La figure 2 montre la marche d'un *Helix arbustorum* posé quatre fois de suite au même point d'une tablette (en marbre) de fenêtre. Les trajectoires y sont numérotées dans leur ordre d'exécution. A certains moments, l'animal s'est arrêté et a exploré l'espace en relevant la tête et en agitant ses tentacules en diverses directions. Ces gestes sont indiqués ici par des lignes pointillées.

De l'examen de cette figure, il résulte, en définitive, qu'*Helix* va vers l'ombre, mais assurément pas par le plus court chemin, ni sans hésitation. On remarquera, d'autre part, qu'il tâtonne dans l'ombre (en A) aussi bien que dans la lumière et que par conséquent ses tâtonnements n'ont point, semble-t-il, pour but de rechercher s'il y a, dans son voisinage, une zone sombre. D'ailleurs,

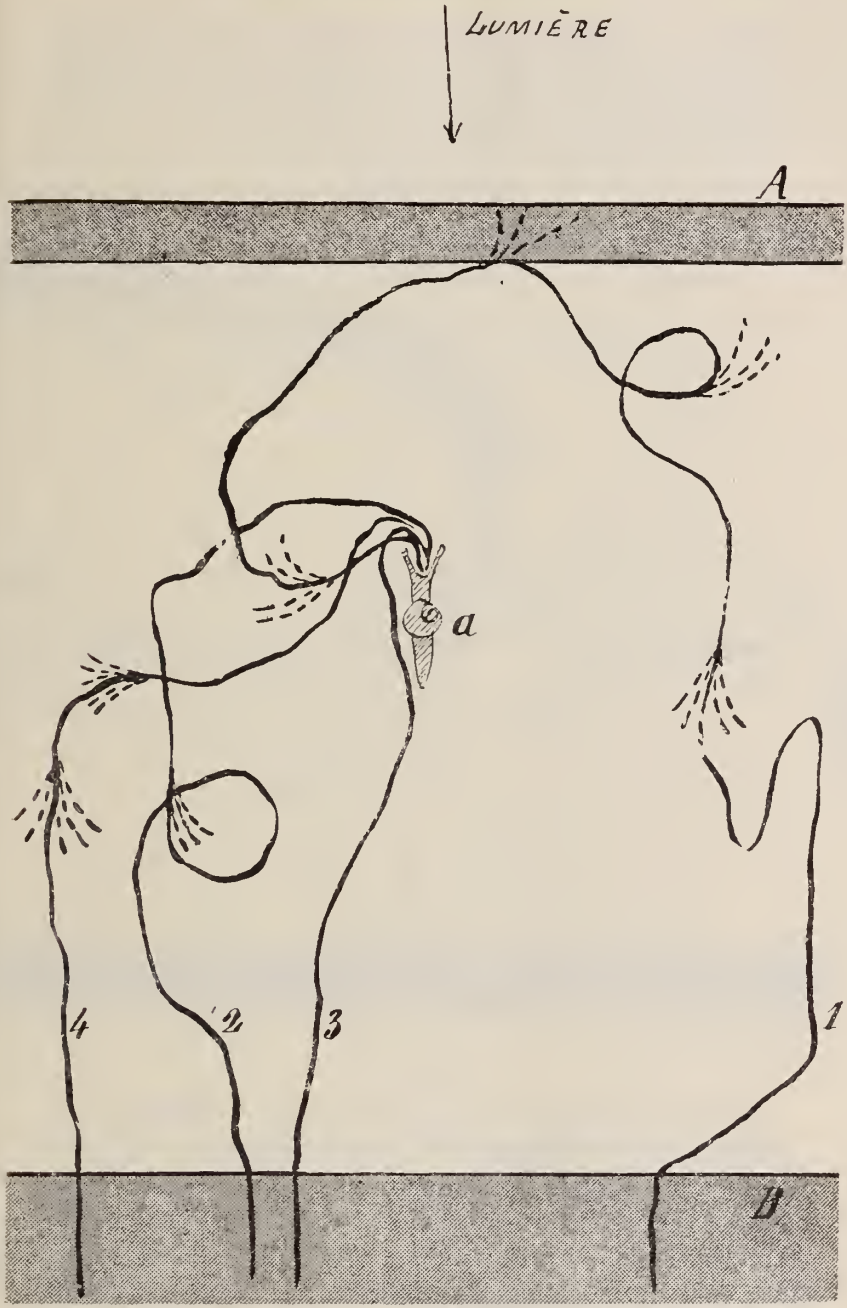



FIG. 2.

d'autres expériences nous ont permis de constater que l'escargot a la vue très basse : affamé, nous l'avons vu quelquefois passer à deux ou trois centimètres d'une feuille fraîche de salade sans l'apercevoir.

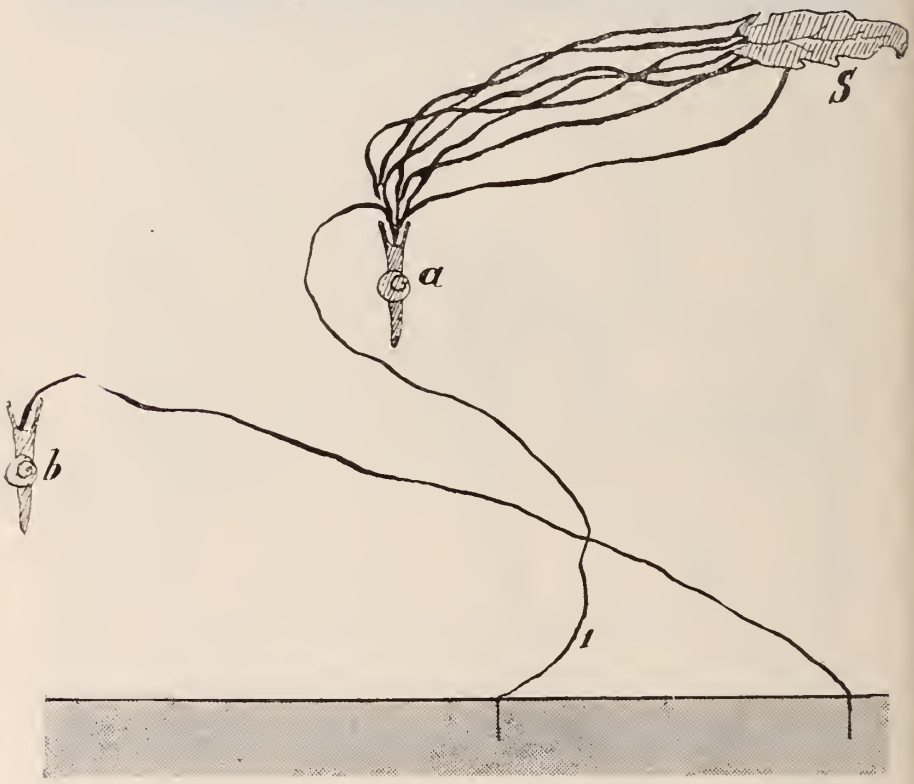



Fig. 3.

Il était intéressant de savoir le comportement de cet animal, obligé préalablement à un jeûne sévère, en présence d'un aliment posé dans une région éclairée. Les figures 3 et 4 nous le font voir. Un *Helix arbustorum* maintenu sans nourriture pendant vingt-quatre heures fut posé en *a* sur une plaque de marbre où l'on avait mis, en *S*,

à environ 10 centimètres, une feuille de salade fraîche (Fig. 3). Une première fois, il se dirigea vers l'ombre, décrivant la ligne 1. Sept fois de suite, il alla très directement vers la feuille, toujours avec un si vigoureux appétit qu'en le saisissant on enlevait avec lui sa pâture. Nous le plaçâmes ensuite en *b* à une vingtaine de centimètres

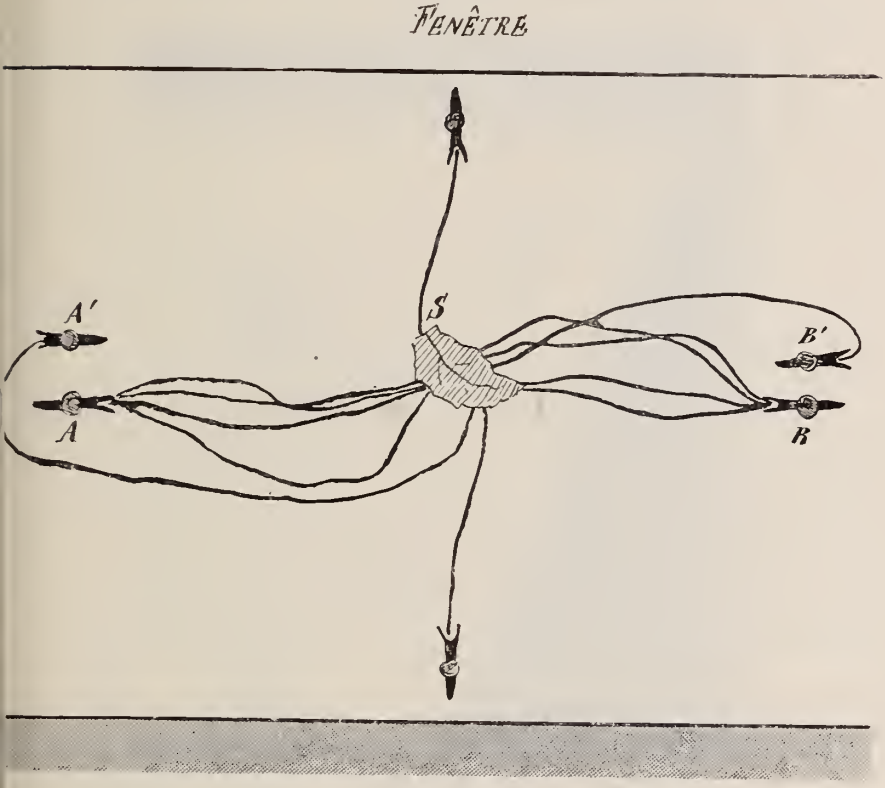



Fig. 4.

de *S*. La figure montre que, ne retrouvant pas la feuille, il fit comme un effort pour se diriger de son côté. D'où il résulte, semble-t-il, que, lorsque la faim entre en jeu, l'action de la lumière est nulle, que donc cette action n'est pas purement mécanique. La figure 4 le prouve plus clairement encore. Les escargots A et B ont été placés à une distance d'environ 10 centimètres d'une feuille de

salade, face à elle. Quatre fois de suite, ils s'y sont rendus sans hésitation. On les a alors replacés au même point, mais orientés en sens inverse (A A'). Ils ont fait demi-tour pour aller à la salade. On les mit ensuite, face encore à la feuille, mais l'un tournant le dos à la source lumineuse, l'autre lui faisant face : résultat identique.

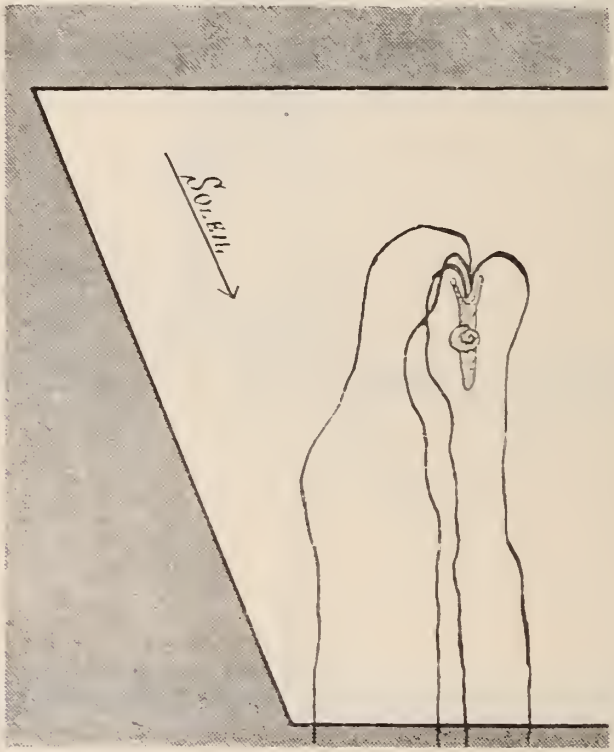



FIG. 5.

2. *En lumière solaire*

Les *Helix arbustorum*, posés au soleil sur la tablette d'une fenêtre, finissent en général par se rendre à l'ombre, suivant une trajectoire plus ou moins tendue. Quand la température n'est pas trop élevée, ils se contentent de progresser en direction opposée à la lumière, comme on le voit dans la figure 5. En cas contraire, ils cherchent l'ombre la plus voisine. Un jour de juin, à midi, ils ont

décrit la figure 6. C'est la chaleur, semble-t-il, qu'ils fuient, beaucoup plus que la lumière. Cette conclusion est

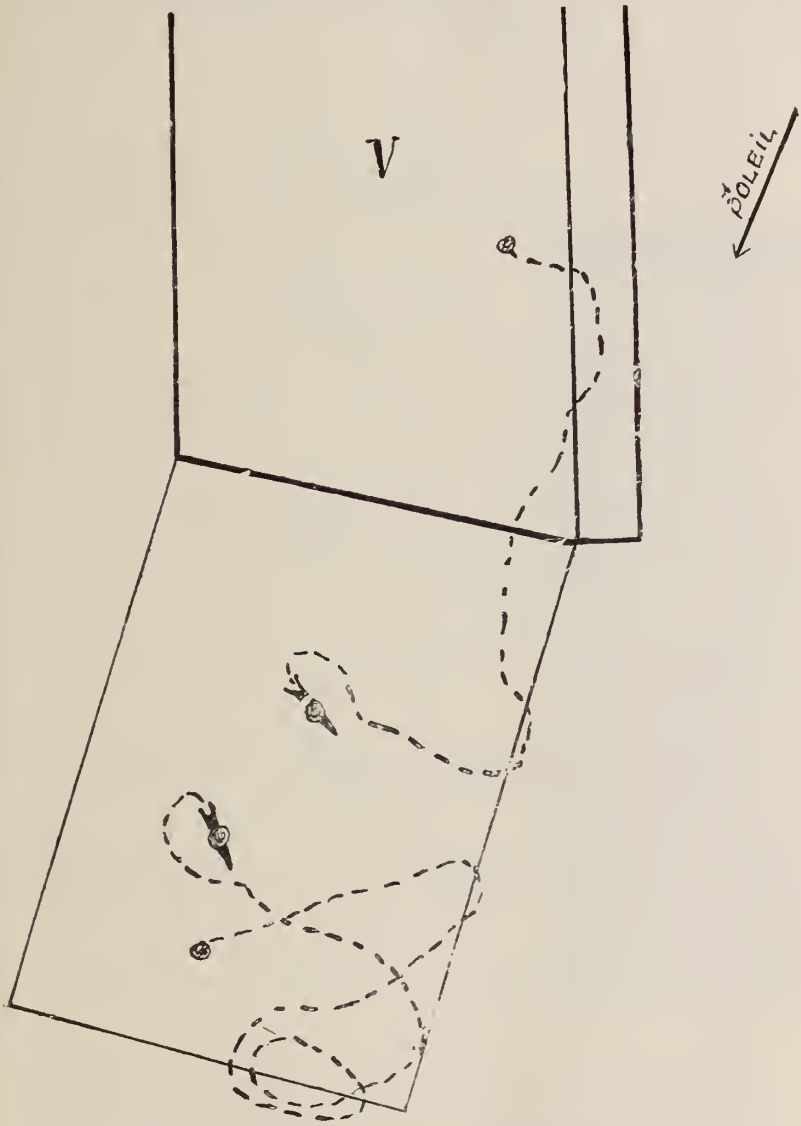



Fig. 6.

confirmée par l'expérience suivante qui, à chaque reprise, fournit les mêmes résultats (Fig. 6). Sur une plaque de

marbre non encore touchée par les rayons solaires, on pose un grand vase parallélépipédique en verre contenant une solution saturée d'alun de K. Le soleil intervenant, la plaque de marbre a le temps de se chauffer ; comme l'alun de K décalorise les rayons solaires, la zone de projection du vase sur la plaque demeure fraîche. Deux escargots placés au hasard dans cette région ont tracé les trajectoires indiquées. Évidemment cette zone était pour eux comme un piège où ils erraient mais d'où ils ne pouvaient sortir.

Quelle serait l'attitude d'un *Helix* sur une table de marbre très chaude en plein soleil et loin d'une région sombre ? Il n'essaye pas de fuir mais au contraire colle son péristome contre le marbre et demeure immobile. Ce comportement inattendu nous a paru être l'indication que, lorsque l'animal va vers l'ombre, ce n'est pas la lumière qu'il fuit, c'est l'humidité qu'il recherche. En effet, ici en pleine lumière solaire, il ne manifeste aucun appétit d'ombre, mais se place de telle façon qu'il risque le moins possible de se déshydrater : le péristome appliqué exactement sur le marbre empêche l'évaporation de son corps.

Pour établir que c'est vraiment l'humidité qu'apprécie *Helix*, nous avons imaginé l'expérience suivante (Fig. 7).

Nous avons posé horizontalement devant une fenêtre largement éclairée par un chaud soleil d'un après-midi de juin, une large plaque de verre (50 cm × 50 cm.) préalablement recouverte d'une couche d'argile plastique bien nivelée. Cette plaque fut partagée en 3 régions : à l'aide d'un écran opaque, nous formâmes une région E sombre et sèche, l'argile y étant laissée sans eau ; au moyen d'un vase parallélipipédique rempli d'une solution d'alun de K, une deuxième région A, éclairée, décalorisée et très humide, l'argile y étant mouillée en saturation (1) ;

(1) Pour empêcher que l'eau ne passe de la région humide A à la

une troisième région très humide C fut laissée sous l'action non modifiée des rayons solaires.

Deux *Helix arbustorum* furent placés dans la région A. Ils ont évité aussi bien la région sombre E que la région

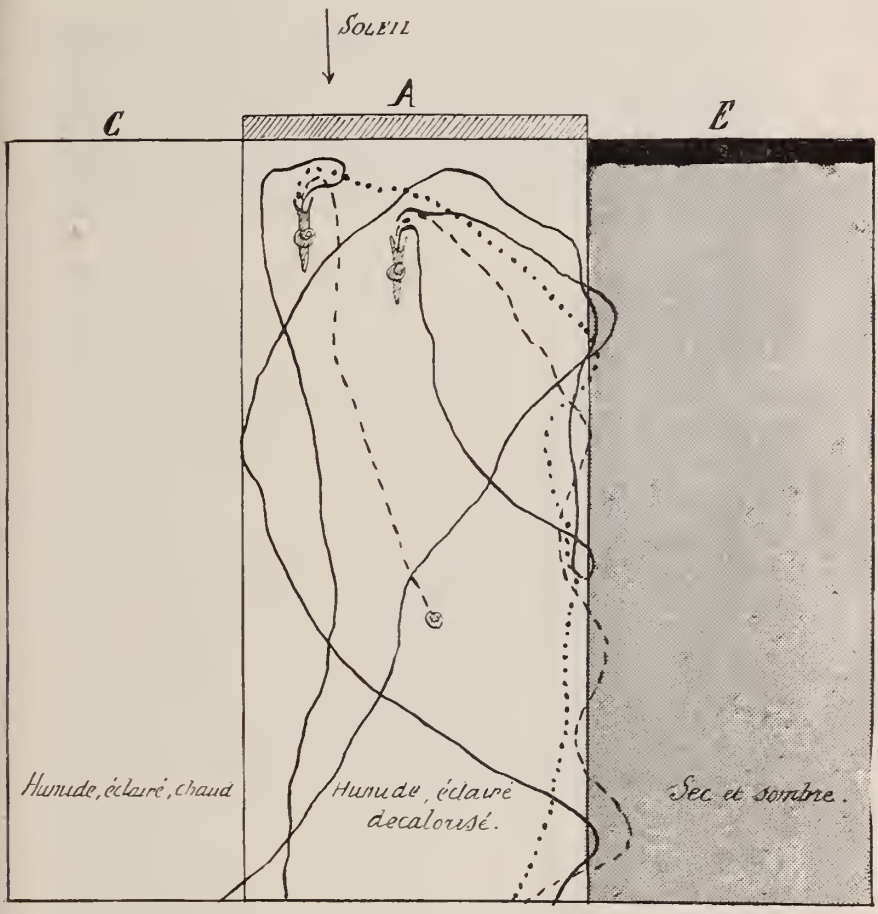



Fig. 7.

éclairée C, et tout en s'éloignant de la source lumineuse, par habitude ancestrale sans doute, ils n'ont cependant

région sèche E, nous avions préalablement tracé au canif une ligne de séparation entre les deux.

pas quitté cette zone lumineuse. C'est évidemment parce qu'elle leur offrait ce qui leur est le plus nécessaire pour vivre, à savoir l'humidité.

Cette expérience, souvent renouvelée, a donné chaque fois des résultats identiques.

Une autre preuve de la prédominance de l'humidité dans leur comportement nous est fournie par l'expérience suivante :

Un *Helix* aveuglé expérimentalement et placé dans la région A, y erre au hasard sans chercher à s'écarter de la source lumineuse comme le font ses congénères normaux.

On dira : Cela prouve que l'Hygrotropisme domine chez les *Helix* le Phototropisme : leur comportement a donc encore pour facteur déterminant un tropisme. A quoi il nous suffit de répondre : Si c'est l'humidité qui stimule l'Escargot, pourquoi dans la zone A, qui est humide, où il trouve son maximum d'action hygrotropique ne reste-t-il pas sur place ?

En lumière solaire, comme en lumière diffuse, cet animal n'hésite pas à quitter une région sombre s'il est affamé et que dans une région lumineuse voisine se trouve un aliment qui lui convienne.

On s'en rendra compte par la fig. 8. Deux *Helix arbustorum*, à jeun depuis 15 heures, furent posés, l'un en A, à la lumière solaire, l'autre en B dans l'ombre, chacun à environ 6 centimètres d'une feuille de salade fraîche S. Au mépris du Phototropisme négatif que certains auteurs, et non des moindres, leur attribuent, ils ont rampé vers la feuille et se sont mis à manger. Reportés, le premier en A , le second en B', à huit centimètres de l'aliment, le premier, ne percevant plus sans doute la salade, s'est écarté vers l'ombre, le second y est retourné.

3. *En lumière artificiel.*

Placé neuf fois de suite à 50 centimètres d'une lampe

électrique de 50 b. surélevée de 20 cm. au-dessus de la table où il se trouve, un *Helix* s'est écarté chaque fois de la source lumineuse, parfois d'une marche assez indécise. Il fallait s'y attendre.

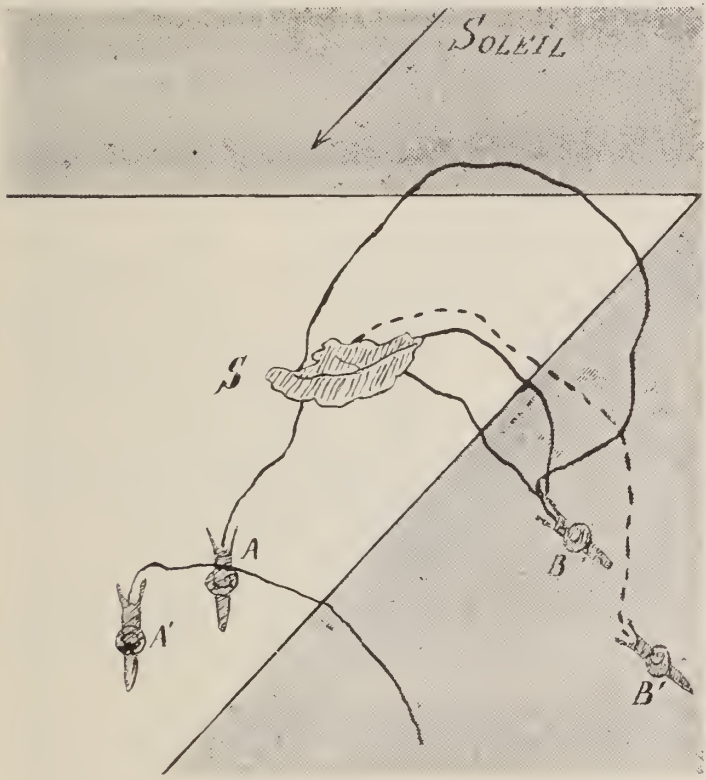



Fig. 8.

Mais voici qui nous fait voir que son comportement n'est pas déterminé par un phototropisme négatif impératif.

Dans une chambre obscure nous allumons une lampe électrique de 36 bougies, à quinze centimètres environ du point de départ de l'animal posée sur une feuille de papier humide préalablement partagée par des lignes au

crayon en huit angles de 45° (Fig. 9). L'escargot est mis au centre du papier et face à la lumière, dont les rayons rasent horizontalement la surface. Il est à jeun depuis vingt-quatre heures. Par trois fois de suite il rampe selon les trajectoires indiquées sur la figure par de petites croix.

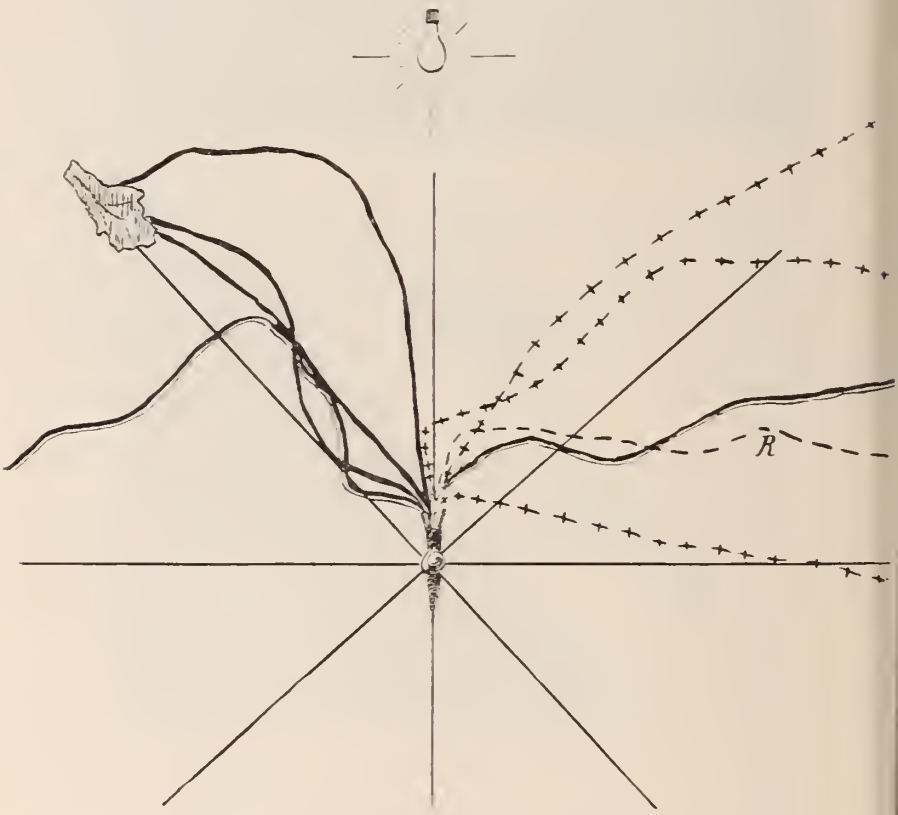



Fig. 9.

Nous plaçons alors sur la bissectrice du quadrant de gauche un morceau de feuille de salade fraîche. *Helix* rampe vers la salade : ses trajectoires sont marquées en traits pleins.

Nous recouvrons la feuille de salade, laissée en place,

par un papier rouge; l'escargot s'écarte à droite (ligne pointillée R). La feuille de salade est découverte à nouveau : l'animal ne la retrouve pas. Il tourne une fois à droite, une fois à gauche selon les lignes tracées en double trait.

Cette expérience offre un intérêt particulier en ce qu'elle ne s'accorde pas avec une théorie de Buddenbrock. D'après lui, un escargot sous le stimulus lumineux ne se rend pas à la source lumineuse mais progresse selon un angle constant avec la ligne idéale qui joint son organisme à cette source (*Lichtcompasreaction*). Rien ici — et nous avons renouvelé cette expérience un grand nombre de fois — n'autorise cette supposition.

Mais voici qui, à notre avis, est plus concluant encore pour la thèse que nous soutenons, à savoir que les attitudes de *Helix arbustorum* ne résultent pas de causes exclusivement mécaniques.

En vue de nos travaux nous conservions un assez grand nombre de ces animaux dans des cristallisoirs où nous les pourvoyions d'abondantes feuilles de salade humides. Il nous arriva plusieurs fois de les observer le soir, à la lumière d'une lampe électrique (50 b.). Les premiers jours, dès que le cristallisoir était porté sous la lampe, les escargots se cachaient rapidement sous les feuilles. Nous avions d'autre part observé qu'*Helix* est un animal assez gourmand et qu'en particulier il apprécie les gâteaux secs. Nous prîmes l'habitude d'émietter chaque soir dans le cristallisoir un « petit beurre ». Au bout d'un mois, nous constatâmes qu'aussitôt le cristallisoir apporté à la lumière en vue de la distribution de dessert, *avant* même que celle-ci fût commencée, les locataires apparaissaient, au mépris de tout phototropisme négatif : ils se comportaient exactement comme des enfants qui se rassemblent à la salle à manger à l'heure du goûter.

4. *Avec écrans.*

Les expériences avec écrans, imaginées par G. Bohn sur

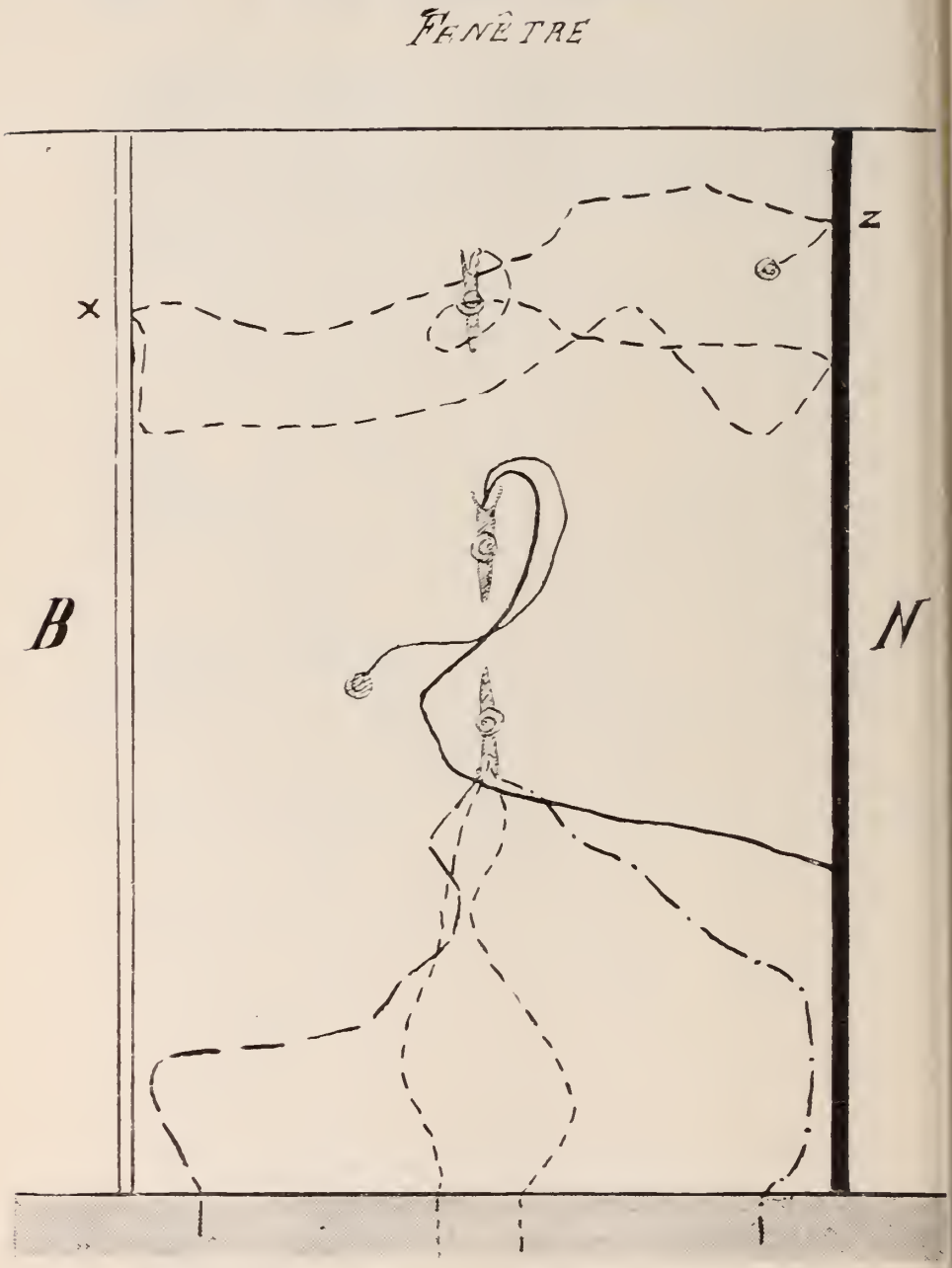



Fig. 10.

des *Littorines* (1), pratiquées ensuite par Buddenbrock sur des escargots (2), ont pour but de rechercher l'effet tropique produit sur ces animaux par les surfaces claires et sombres qu'ils rencontrent. Il est clair que si le comportement dépend d'une cause mécanique, impérative, *Helix arbustorum*, catalogué comme phototropique négatif, doit être attiré par une surface sombre et repoussé par une surface claire.

Sur la tablette horizontale d'une fenêtre, deux écrans de carton, l'un blanc (B) et l'autre noir (N), sont placés verticalement dans le sens des rayons lumineux, à 10 cm. l'un de l'autre (fig. 10), sous une lumière diffuse. Entre ces deux écrans, nous posons trois *Helix*, deux la tête orientée vers la fenêtre, un en sens inverse. Le premier (en haut) se conduit comme une balle renvoyée d'un écran à l'autre qui retombe entre les deux, car après avoir été à l'écran noir, puis à l'écran blanc, puis à l'écran noir, il prend enfin son repos. Le second sujet (au milieu) a une conduite hésitante. Quant au troisième, il semble ne s'inquiéter aucunement des écrans et cherche, comme tous ses congénères, l'ombre du côté opposé à la lumière.

Voici une autre expérience (Fig. 11).

Deux écrans verticaux, blanc (B) et noir (N), sont placés sur une tablette de fenêtre largement éclairée par le soleil, de façon que le plan bissecteur de leur angle dièdre soit dans la direction des rayons lumineux.

Un *Helix* est posé sept fois de suite au même point, dans l'ombre portée par ces deux écrans. La diversité de ses trajectoires, le fait qu'il se dirige aussi bien vers l'un que vers l'autre écran écarte l'idée d'une prédomi-

(1) G. Bohn. *Attractions et oscillations des animaux marins sous l'influence de la lumière.* Inst. Gén. Psychol., I, 1-111, 1905.

(2) Buddenbrock. *op. cit.*

nance d'attraction ou de répulsion de l'un ou de l'autre. Même, deux fois, il se rend franchement vers la lumière.

Si l'animal se montre plus indécis dans sa marche derrière ces écrans qu'en dehors d'eux, que si ces écrans n'existaient pas, c'est, croyons-nous, parce que le jeu de

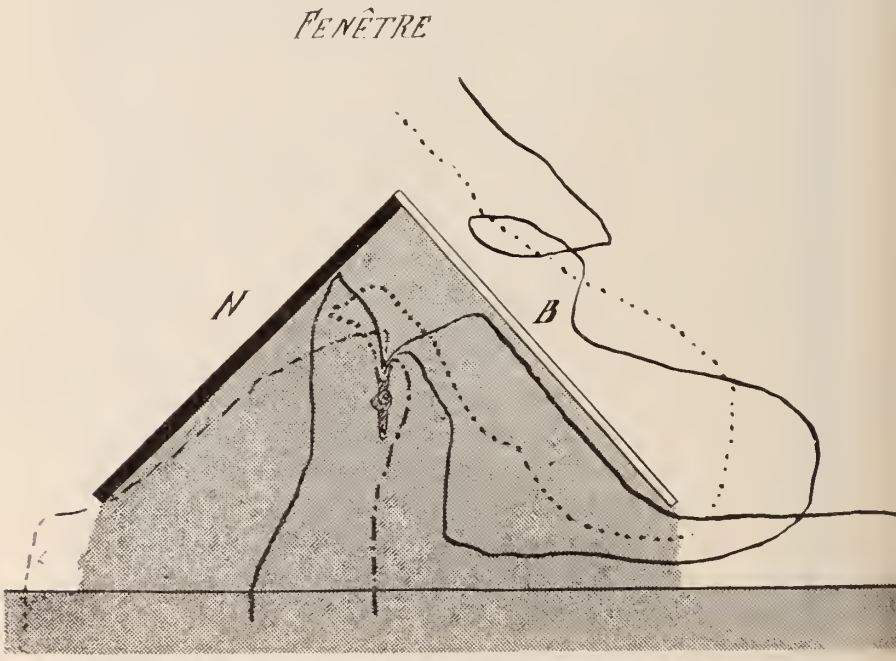



Fig. 11.

ces surfaces diversement éclairées modifie ses habitudes spécifiques et rend indéterminée pour lui la direction par où trouver l'ombre franche.

5. *Sur des sujets anormaux visuels.*

Éborgné, *Helix arbustorum* prend une démarche incohérente. Avant de trouver la direction de l'ombre, il hésite, tourne sur lui-même et parfois s'arrête et se recroqueville. En définitive, d'ailleurs, il finit toujours par aborder une région sombre où il se tient. A ce propos,

nous devons attirer l'attention sur un fait qu'à notre avis on interprète trop rigoureusement chez les partisans des tropismes : le mouvement de manège auquel se livre l'animal éborgné. Ce mouvement est assez net *aussitôt après la blessure*, comme le montre la figure 12. Mais si l'on observe le sujet après cicatrisation, on ne l'aperçoit

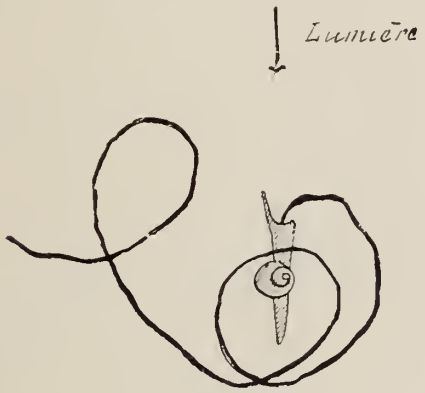



Fig. 12.

plus (Fig. 13). Ce mouvement circulaire semble donc devoir s'interpréter comme suite du choc provoqué par le traumatisme sans qu'il faille invoquer un tropisme. Le sujet blessé, quand il a repris son équilibre physiologique, ne tarde pas à s'accommoder de son infirmité.

Aveugle, l'escargot manifeste une recherche de l'ombre très hésitante. Mis en lumière solaire, il utilise la chaleur comme moyen de repère lui permettant de s'écarter de la source lumineuse, mais on le voit souvent y rentrer par erreur. Dans ces conditions, l'animal à jeun peut passer à peu de centimètres d'une feuille de salade fraîche sans pouvoir la soupçonner.

* * *

Résumons nos observations sur les attitudes de *Helix arbustorum*.

Cet animal recherche avant tout l'humidité.

Dans la nature, surtout à cause du soleil, l'humidité se trouve à l'ombre ; c'est pourquoi *Helix* recherche l'ombre.

Fig. 13.

Posé en lumière solaire, il fuit rapidement la source lumineuse : sa trajectoire est d'autant plus tendue et ses mouvements sont d'autant plus rapides que la chaleur est plus forte. Si la chaleur est élevée au point de rendre le substratum brûlant, après des mouvements de manège sur place, il rentre dans sa coquille dont il applique exac-

tement le péristome sur le sol, de façon, semble-t-il, à éviter de se déshydrater.

En lumière diffuse, ses mouvements l'éloignent en général de la source lumineuse, mais d'une façon lente, irrégulière et très variée.

Affamé, il se dirige, en lumière diffuse, vers la source lumineuse, ou même, passe de l'ombre au soleil pour atteindre un aliment qu'il a perçu. Il a, d'ailleurs, une très faible portée de perception de ses aliments.

*Helix arbustorum* fuit la lumière artificielle quand il n'y est pas habitué, mais si cette lumière est froide, il s'y habitue et finit par n'en plus tenir compte.

L'éborgné se comporte comme le voyant, à cette différence près qu'il a plus d'hésitation dans sa démarche. L'aveugle fait de même, seulement avec beaucoup plus d'hésitation encore.

En somme, les tropismes ne paraissent jouer que faiblement, et pas d'une manière impérative, dans le comportement d'*Helix arbustorum*.

M. Manquat,
*Doct. ès sc. nat.*

# L'ÉTAT ACTUEL

# DE

# L'HÉMATOLOGIE MORPHOLOGIQUE

---

## DEUXIÈME PARTIE

---

### Les organes hématopoïétiques

L'étude des éléments figurés du sang trouve son complément naturel dans celle des organes qui les produisent et qu'on nomme organes hématopoïétiques.

Nous examinerons en premier lieu la structure de ces organes chez l'adulte ; nous décrirons leur fonctionnement à l'état normal et donnerons un bref aperçu de leurs principales réactions pathologiques.

Après cela, nous suivrons l'évolution des organes hématopoïétiques chez l'embryon : en même temps qu'elle nous rendra compte de bien des détails observés chez l'adulte, elle nous fournira des données essentielles pour l'intelligence du plan général de l'hématopoïèse.

### § I. *Les organes hématopoïétiques chez l'adulte*

Les organes où se forment les cellules sanguines chez l'adulte comprennent la *moelle osseuse*, les *ganglions*

*lymphatiques* et la *rate*. En outre, les recherches modernes tendent de plus en plus à faire attribuer au *tissu conjonctif* la valeur d'un organe hématopoïétique diffus, dont le rôle, pour être ordinairement médiocre, n'en devient pas moins capital dans certaines conditions pathologiques.

### A. LA MOELLE OSSEUSE

On distingue dans la moelle osseuse, à côté des vaisseaux qui la parcourent, un système de soutien et un parenchyme hématopoïétique.

Le *système de soutien* comprend un réseau de fibrilles, auxquelles sont accolées des *cellules conjonctives* anastomosées d'aspect endothélial. Ce réticulum, qui forme la trame de l'organe, s'attache d'une part aux parois de la cavité médullaire, d'autre part aux vaisseaux qui la traversent.

Certaines cellules du réticulum se chargent de graisse et apparaissent dans les coupes sous l'aspect bien connu de grandes vésicules, parce que les réactifs les ont vidées de leur contenu. Relativement peu nombreuses dans la moelle des individus jeunes, ces *cellules graisseuses* sont extrêmement fréquentes chez les individus vieillis ; la moelle, d'abord *rouge*, par suite de l'abondance du parenchyme hématopoïétique riche en hémoglobine, se transforme par endroits en *moelle jaune* : celle-ci n'est plus fonctionnelle. Chez les jeunes sujets toute la moelle était hématopoïétique : seule la moelle des épiphyses des os longs et celle des os courts le demeurent chez l'adulte.

D'autres cellules du réticulum fonctionnent comme *macrophages* : on y trouve notamment des noyaux pycnotiques d'érythroblastes.

Dépendent également du réseau de soutien : des *mastzellen* histiogènes, qui se distinguent, d'après Maximov, des mastleucocytes par la faible taille de leur noyau, l'irrégularité de leurs contours, le nombre et la petitesse des granules métachromatiques renfermés dans leur pro-

toplasme ; enfin des *cellules plasmatiques* à protoplasme très basophile et à noyau excentrique rond ou ovalaire contenant de gros blocs chromatiques de disposition plus ou moins radiaire. Mastzellen et cellules plasmatiques sont des éléments banaux du tissu conjonctif et proviennent de la différentiation des cellules réticulaires. C'est en effet une opinion de plus en plus répandue que celles-ci ne jouent pas seulement un rôle de soutien, mais représentent une véritable réserve d'éléments à potentialités embryonnaires persistant dans le parenchyme hématopoïétique.

Le *parenchyme myéloïde*, qui est contenu dans les mailles du réseau, comprend toutes les formes jeunes qui mènent aux globules rouges, aux granulocytes et aux plaquettes sanguines, et dont nous avons parlé dans la première partie.

Nous y trouvons d'abord les *hémocytoblastes* de Ferrata que cet auteur considère, d'accord avec beaucoup d'autres, comme les cellules-souches de tout le parenchyme. Ces éléments sont plus rares chez l'adulte que chez les sujets jeunes : ils s'y trouvent toujours cependant en quantité notable. A mesure que certains se différencient, d'autres se divisent : des hémocytoblastes pourraient en outre se former chez l'adulte, comme chez l'embryon, mais en moindre proportion, aux dépens des cellules conjonctives du réticulum.

La *lignée des globules rouges* est représentée par quelques proérythroblastes, des érythroblastes basophiles plus nombreux, une quantité assez considérable d'érythroblastes polychromatophiles et orthochromatiques.

On trouve enfin beaucoup d'hématies anucléées, dont certaines sont polychromatophiles ou contiennent la « substance granulo-filamenteuse ».

Cette accumulation de globules rouges s'explique : la moelle, qui est leur organe formateur, en tient toujours une certaine quantité en réserve. Ceci lui permet de suppléer rapidement, dans une certaine mesure, à une brusque

diminution du nombre de globules en circulation, par exemple à la suite d'une hémorragie.

Quand la réserve est épuisée et que la demande de globules rouges s'accentue, l'organisme y répond par divers moyens que nous voyons entrer en jeu dans l'anémie.

La moelle peut d'abord mettre en circulation des éléments incomplètement différenciés et d'autant plus jeunes que le besoin est plus intense.

Il peut encore se produire une extension du territoire érythropoïétique. La moelle jaune des diaphyses redevient fonctionnelle ; à un stade plus avancé, il se forme du tissu myéloïde dans la rate et dans le foie, organes qui étaient hématopoïétiques chez l'embryon. Dans tous ces cas, le tissu myéloïde montre une prédominance nette des éléments hémoglobinifères sur les éléments granuleux : c'est la *réaction normoblastique* ou orthoplastique, ainsi nommée parce que les globules rouges sont fabriqués d'après le procédé normal.

Dans l'anémie pernicieuse, on voit apparaître au sein de la moelle une lignée érythropoïétique constituée de volumineuses cellules, les mégaloblastes d'Ehrlich, producteurs de mégalocytes : c'est la *réaction mégaloblastique* ou métaplastique. Alors que la réaction normoblastique représente une simple exagération du processus érythropoïétique normal, il s'agit ici d'une véritable déviation de l'érythropoïèse, consistant en un retour à la période prémédullaire de l'embryon ; selon Ferrata (1), en effet, les mégaloblastes de l'anémie pernicieuse ne dérivent pas de l'hémocytoblaste du parenchyme myéloïde, mais proviennent directement des cellules conjonctives embryonnaires réticulaires et endothéliales.

Certains auteurs, et tout particulièrement Naegeli et

(1) A. Ferrata, *Sulla patogenesi e sulla essenza delle anemie a tipo pernicioso*, Haem., I, 1920.

Pappenheim, avaient admis la présence de quelques mégaloblastes dans la moelle normale, ainsi que l'existence de formes de transition vers les normoblastes (1). Ferrata a pu montrer que ces auteurs avaient confondu, avec les mégaloblastes de type embryonnaire, des normoblastes de grande taille (macronormoblastes) n'offrant pas la structure nucléaire spéciale de ces derniers ; Naegeli s'est d'ailleurs rallié à l'opinion de Ferrata.

Parmi les éléments de la *lignée granulocytaire*, les myélocytes neutrophiles sont de loin les plus nombreux dans la moelle. Comme les érythroblastes, les myélocytes neutrophiles se rencontrent généralement par amas. Souvent aussi, on trouve accolées les unes aux autres quelques cellules à granulations éosinophiles. Quant aux éléments à granulations basophiles, ils sont généralement isolés.

De même que les phénomènes d'érythropoïèse, le processus de granulocytopoïèse peut s'accentuer électivement dans la moelle. Le fait se produit dans la leucémie myéloïde : dans la leucémie chronique, ce sont les éléments déjà granuleux qui l'emportent ; dans la leucémie aiguë, par contre, les hémocytoblastes ont la prédominance.

Les *mégacaryocytes*, producteurs de plaquettes sanguines, se montrent en général isolés ; leur nombre augmente dans la leucémie myéloïde comme dans les anémies.

La présence de *monocytes* dans la moelle est établie, comme aussi celle de certaines formes jeunes ; il reste à voir si ces dernières forment transition avec l'hémocytoblaste, comme le prétend Naegeli et comme l'a

(1) On cite fréquemment Maximov parmi les auteurs qui admettent la présence de mégaloblastes dans la moelle osseuse normale : c'est le résultat d'une confusion de nomenclature. Il ne faut pas oublier, comme le remarque avec raison Ferrata, que Maximov emploie ce terme dans un autre sens qu'Ehrlich ; il désigne par là les érythroblastes les moins différenciés de la lignée normocytaire et les distingue de ses « érythroblastes primitifs », qui correspondent, eux, aux mégaloblastes d'Ehrlich.

soutenu Ferrata, ou si, au contraire, elles mènent aux hémohistioblastes réticulo-endothéliaux.

Un problème très discuté est celui de la présence de *lymphocytes* dans la moelle osseuse normale.

Ehrlich admettait l'existence dans la moelle des os, en dehors du parenchyme myéloïde, d'un tissu paramyéloïde de nature lymphatique. Il est très probable que ces formations étaient en réalité des îlots d'érythroblastes basophiles ou même d'hémocytoblastes.

Plus tard, quelques auteurs, dont Dominici, Weidenreich et Maximov, ont prétendu trouver, dans le tissu myéloïde, des lymphocytes grands et petits, semblables à ceux du tissu lymphadénoïde et qui seraient la souche du tissu myéloïde. Mais on sait actuellement que les éléments à protoplasme basophile dont dérive ce dernier, ont une morphologie bien distincte de celle des lymphocytes.

Ferrata nie formellement l'existence de lymphocytes dans la moelle. Toutefois, à la suite des recherches d'Askanazy, divers hématologistes, dont Naegeli, admettent la présence dans la moelle normale, mais en dehors du parenchyme myéloïde, de quelques follicules lymphatiques périvasculaires, comparables aux corpuscules de Malpighi de la rate. C'est de ces follicules que partirait la métaplasie lymphoïde de la moelle dans la leucémie lymphatique.

En résumé, le parenchyme myéloïde est le pourvoyeur du sang en globules rouges, en granulocytes et en plaquettes ; il lui fournit aussi des monocytes, à moins que ceux-ci ne dérivent de cellules réticulo-endothéliales.

Il nous reste à expliquer l'arrivée de ces divers éléments dans le torrent circulatoire.

On conçoit que les leucocytes, étant amiboïdes, n'ont aucune peine à se frayer un chemin à travers le mince endothélium des capillaires de la moelle. Nous avons vu comment les mégacaryocytes poussaient de volumineux

pseudopodes jusque dans la lumière des vaisseaux pour y libérer les plaquettes. Quant aux globules rouges, dont on admet actuellement la formation extravasculaire et parenchymateuse, leur passage dans le sang s'effectue sans doute à travers les solutions de continuité des parois endothéliales.

On a plus de peine à comprendre par quel mécanisme seules les formes entièrement différenciées passent à l'état normal dans la circulation, contrairement à ce qui se produit chez l'embryon et dans les cas pathologiques.

### B. LES GANGLIONS LYMPHATIQUES

Comme on le sait, le ganglion lymphatique (1) est entouré d'une *capsule fibreuse* d'où partent vers l'intérieur de l'organe des cloisons qui le partagent en un certain nombre de loges. Dans chacune de celles-ci, se trouve un *follicule lymphatique*, amas plus ou moins sphérique de tissu lymphadénoïde, séparé des cloisons fibreuses par des *sinus lymphatiques* : ces derniers mettent en communication les vaisseaux lymphatiques afférents qui pénètrent dans l'organe par sa partie convexe, et les vaisseaux efférents qui le quittent par son hile. Au niveau du hile, la structure de l'organe, bien que faite des mêmes éléments, est plus embrouillée : cloisons fibreuses, sinus et cordons folliculaires s'y enchevêtrent irrégulièrement.

Le *follicule lymphatique* est constitué en majeure partie par des lymphocytes de petite taille, à noyau très colorable et à bordure cytoplasmique à peine visible, qui correspondent aux prolymphocytes de Ferrata. Certains

(1) Il faut rapprocher des ganglions un certain nombre de formations lymphoïdes secondaires, en rapport étroit avec les tractus respiratoire et digestif : ce sont le thymus, les amygdales, les plaques de Peyer et les follicules clos de l'intestin, sans compter les infiltrations lymphoïdes diffuses des muqueuses. Anatomiquement plus simples que les ganglions, ces formations leur sont, à peu de chose près, physiologiquement et pathologiquement équivalentes.

follicules présentent, en leur centre, une zone claire, le *centre germinatif* de Flemming. On y trouve de grandes cellules souvent en division : d'après les uns, celles-ci sont morphologiquement semblables aux cellules-souches de la moelle et Ferrata les appelle, comme ces dernières, des hémocytoblastes ; pour d'autres, au contraire, il s'agit de cellules spéciales aux ganglions, de simples lymphoblastes, qu'il faut distinguer des myéloblastes. Quoi qu'il en soit, entre les cellules des centres germinatifs et les prolymphocytes périphériques, il existe toute une série de transitions que Ferrata groupe sous le nom de lymphoblastes.

Les prolymphocytes tombent dans les sinus périfolliculaires ; ils sont ensuite entraînés par le courant lymphatique qui les amène finalement, par le canal thoracique, dans le système veineux ; ils ont eu le temps, au cours de ce voyage, d'achever leur différentiation en lymphocytes du sang.

Le ganglion lymphatique produit-il des *monocytes* ? Le fait est encore discuté. Naegeli le nie, en se basant sur une constatation de Lejeune, qui ne trouve pas de monocytes dans le canal thoracique de l'homme et de divers animaux. Ferrata prétend, de son côté, avoir observé dans les ganglions des monoblastes et des monocytes.

Comme le parenchyme myéloïde, le follicule est soutenu par une trame de *tissu réticulé*, formée de fines fibrilles conjonctives, auxquelles sont accolées des cellules anastomosées, quelques cellules plasmatiques et des mastzellen histiogènes. Le follicule possède aussi des capillaires sanguins nourriciers.

On considérait autrefois les *sinus* comme des espaces clos, limités par un endothélium en continuité avec celui des vaisseaux lymphatiques. D'après certains travaux modernes, dont ceux, tout récents, de Downey (1), il

(1) H. Downey, *The structure and origin of the lymph sinuses of*

faudrait admettre que les sinus ne possèdent pas de paroi propre et que les cellules qui les bordent sont absolument identiques aux éléments du réticulum : il faudrait donc réunir les deux éléments sous le nom de *réticulo-endothélium.*

Nous devons formuler ici une remarque analogue à celle que nous avons faite à propos de la moelle. Le ganglion lymphatique renferme, à côté du parenchyme lymphadénoïde, de nombreuses cellules conjonctives, cellules endothéliales des capillaires et réticulo-endothéliales. Ces éléments à potentialités embryonnaires participent peut-être dans l'état normal à la régénération des cellules des centres germinatifs et à la production des monocytes. A l'état pathologique, ils deviennent fort probablement le point de départ de la métaplasie myéloïde du ganglion, laquelle débute dans les sinus, où les lymphocytes sont rares et les éléments conjonctifs nombreux.

### C. LA RATE

Il ne peut être ici question de décrire d'une manière approfondie la structure histologique complexe de la rate. Rappelons simplement que cet organe est schématiquement constitué par une *capsule fibreuse*, d'où se détachent des cloisons qui le divisent en un certain nombre de loges. Le centre de celles-ci est occupé par une artériole, entourée d'une *gaine lymphoïde* qui se renfle çà et là en *corpuscules de Malpighi.* Ceux-ci constituent la *pulpe blanche* : le reste de la loge est rempli par ce qu'on nomme la *pulpe rouge.* Cette dernière contient des *sinus veineux* à paroi discontinue, séparés par des cordons cellulaires ou *cordons de Billroth.* Les cellules qui limitent les sinus et celles du réseau de soutien des cordons de Billroth ne se distinguent les unes des autres par aucun

*mammalian lymph nodes and their relations to endothelium and reticulum*, HAEM., III. 1922.

caractère morphologique ou biologique ; comme pour les ganglions lymphatiques et sans doute aussi pour la moelle, elles doivent être groupées sous le nom de *cellules réticulo-endothéliales*.

Les auteurs sont unanimes pour assimiler les *corpuscules de Malpighi* à des follicules lymphatiques : de même que ces derniers, ils produisent des lymphocytes et peuvent posséder un centre germinatif ; dans la leucémie lymphatique, ils s'hypertrophient et envahissent la pulpe rouge.

On s'accorde aussi à faire de la *pulpe rouge* le « cimetière » des globules rouges vieillis et, dans une plus faible mesure, un lieu de destruction des globules blancs et des plaquettes. Les grandes cellules mononucléaires des cordons de Billroth et même certaines cellules réticulo-endothéliales montrent de nombreux débris d'éléments phagocytés.

Quant au rôle hématopoïétique de la pulpe rouge, il est encore discuté. Un fait est certain : elle se comporte de manière fort diverse suivant les animaux examinés. Chez certaines espèces, elle se montre assez nettement myéloïde, comme en témoignent bon nombre de myélocytes et de mégacaryocytes ; elle y a conservé, plus ou moins atténuée, sa fonction myéloïde embryonnaire.

Chez l'homme, la nature de la pulpe rouge est plus difficile à établir. Schridde la considère comme formée d'un tissu spécial, ni lymphoïde, ni myéloïde, dont les volumineux éléments ne passent pas normalement dans le sang. Türk fait des cellules de la pulpe rouge (splénocytes) la souche des monocytes du sang. Ziegler et Helly lui attribuent la valeur d'un tissu lymphatique. Pappenheim y admet la présence, à côté de lymphocytes et de macrophages, de lymphoïdocytes, ce qui expliquerait la facilité avec laquelle s'y produit la métaplasie myéloïde. Cette même facilité a conduit Naegeli à admettre une certaine affinité de la pulpe rouge avec le tissu myé-

loïde ; mais la métaplasie se ferait, d'après lui, aux dépens de cellules adventitielles. Toute une série d'auteurs, parmi lesquels Weidenreich et Dominici, vont plus loin et y reconnaissent la formation normale de granulocytes. Ferrata y trouve, à côté de macrophages assez polymorphes, dont la plupart ne sont d'ailleurs que des cellules conjonctives mobilisées, un certain nombre d'hémocytoblastes producteurs, même à l'état normal, de quelques granulocytes ; la pulpe rouge présenterait donc, même chez l'homme, une fonction myéloïde atténuée.

En résumé, le rôle hématopoïétique de la pulpe rouge est certainement fort réduit chez l'homme à l'état normal : il se borne, selon toute vraisemblance, à la production de quelques monocytes et de quelques granulocytes. L'organe est cependant éminemment apte à reprendre sa fonction myéloïde embryonnaire, avec production dominante d'hématies dans l'anémie et de granulocytes dans la leucémie myéloïde.

### D. LE TISSU CONJONCTIF

On pourrait s'étonner de voir figurer, parmi les organes hématopoïétiques, le tissu conjonctif. C'est cependant un des plus intéressants résultats des recherches histologiques modernes, magistralement synthétisées par Ferrata dans son traité d'hématologie, que d'être arrivé à envisager le tissu conjonctif, d'une manière générale, et plus particulièrement dans certaines de ses localisations, comme un organe hématopoïétique diffus.

Waldeyer déjà distinguait, parmi les cellules conjonctives, à côté d'éléments munis de peu de protoplasme et souvent étoilés, qu'on appelle aujourd'hui *fibroblastes* (1), d'autres éléments, particulièrement nombreux autour des vaisseaux, possédant plus de protoplasme, et qu'il nomma « Plasmazellen ».

(1) Ces éléments produisent les fibrilles conjonctives : d'où leur nom.

L'emploi des colorants d'aniline permit à Ehrlich de distinguer, parmi les « Plasmazellen » de Waldeyer, trois espèces cellulaires : des éléments à granulations basophiles métachromatiques (*Mastzellen*), des cellules à granulations *éosinophiles* et des éléments non granuleux.

Actuellement, avec Maximov, on subdivise encore ces derniers, en *cellules migratrices au repos*, correspondant aux *clasmatocytes* de Ranvier et dont les *cellules adventitielles* périvasculaires de Marchand ne sont probablement qu'une modalité ; en *petites cellules migratrices amiboïdes* ou *lymphocytes* des tissus (1) et en *cellules plasmatiques* ou Plasmazellen du type Unna-Marschalko à noyau radiaire.

L'introduction d'une méthode nouvelle par Goldmann a permis d'étudier plus à fond les rapports de ces cellules entre elles et avec les éléments du sang.

Si l'on pratique sur un animal des injections répétées d'une solution de bleu de pyrrol ou de lithiocarmin, on constate que certaines cellules conjonctives fixent le colorant, tandis que d'autres ne le fixent pas. Les fibroblastes, les cellules migratrices au repos se montrent *chromophiles*, comme aussi les endothéliums et les cellules graisseuses. Les éléments leucocytoïdes du tissu conjonctif (lymphocytes, cellules plasmatiques, mastzellen, éosinophiles) sont au contraire *chromophobes* : ils se rapprochent par là des éléments des parenchymes hématopoïétiques et des cellules du sang (2).

Or, parmi les éléments chromophiles, il en est — les

(1) Maximov admet l'existence de rapports intimes entre cellules migratrices au repos et petites cellules migratrices amiboïdes, ces deux éléments pouvant, d'après lui, se transformer l'un dans l'autre ; il les réunit sous le nom de *polyblastes*, parce qu'il les considère comme capables d'évolutions diverses (transformation en fibroblastes, cellules endothéliales, fibres musculaires lisses, etc.).

(2) La spécificité de la méthode, et partant sa valeur, ont été discutées ; ainsi, Downey prétend avoir trouvé des granules colorés dans des leucocytes neutrophiles qui devraient être chromophobes ; il y a lieu cependant de remarquer que Reitano n'a pu confirmer ce fait.

cellules migratrices au repos — qui sont universellement considérés comme des cellules à caractères embryonnaires. La plupart des éléments chromophobes présentent, par contre, des signes évidents de différenciation.

En se fondant sur divers arguments que nous verrons, Ferrata a généralisé cette remarque et considéré tous les éléments chromophiles comme des cellules à potentialités embryonnaires, capables de différenciations multiples. Les éléments chromophobes, qu'ils appartiennent au tissu conjonctif ou aux parenchymes hématopoïétiques, seraient le résultat de leur différenciation.

Pour indiquer que les éléments chromophiles sont l'origine des éléments chromophobes du sang et du tissu conjonctif, Ferrata les a groupés sous le nom d'*hémohistioblastes*.

Il est surprenant, au premier abord, de voir réunis dans une même catégorie des éléments aussi hétérogènes, sur le seul fondement d'une propriété commune, physiologiquement mal expliquée (1) et dont on ne saisit pas le lien avec le caractère d'indifférence qui leur est attribué. On pourrait se demander si des cellules endothéliales, des cellules graisseuses, des fibroblastes possèdent vraiment le même pouvoir de différenciation ultérieure que les cellules migratrices au repos.

Ferrata n'hésite pas à l'affirmer, en ce qui concerne du moins les *endothéliums* et les *cellules graisseuses* : il les considère comme de simples adaptations fonctionnelles de la cellule migratrice au repos, qui est l'*hémohistioblaste proprement dit*. Il a été bien établi, par Tschaschin et Herzog entre autres, que les cellules endothéliales se transforment facilement en polyblastes dans les inflammations. Quant à la fonction adipeuse, son caractère transitoire est démontré.

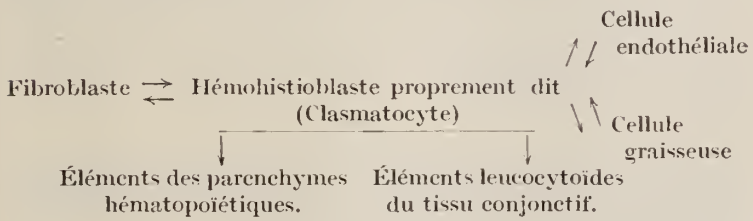
(1) On ne sait s'il s'agit d'un processus de phagocytose (Schulemann, Downey) ou de la coloration de structures préformées du protoplasme cellulaire (Tschaschin).

Le problème est plus délicat en ce qui regarde les *fibroblastes*. Leur chromophilie, tout d'abord, offre certaines particularités : la substance colorée, au lieu de se présenter dans leur protoplasme sous forme de granules, ainsi que dans les variétés cellulaires précédentes, s'y montre sous l'aspect de bâtonnets. En outre, ne s'agit-il pas d'éléments différenciés dans la production des fibrilles? Si leur origine aux dépens de l'hémohistioblaste proprement dit est évidente, la transformation inverse paraît moins vraisemblable : Marchand et Weidenreich l'admettent, Maximov et Tschaschin la nient ou la considèrent comme absolument exceptionnelle.

Ferrata a d'abord considéré comme difficile le retour des fibroblastes différenciés au type clasmatocytaire. Mais un de ses élèves, Reitano (1), a récemment montré l'existence de cette transformation dans la rate en intense métaplasie myéloïde d'animaux expérimentalement anémiés.

D'ailleurs, si les fibroblastes et les cellules migratrices au repos sont nettement distincts dans le tissu conjonctif lâche, il n'en est pas de même dans les organes hématopoïétiques, où, d'après Tschaschin lui-même, les cellules réticulaires tiennent à la fois du fibroblaste et de la cellule migratrice au repos.

Les rapports des éléments chromophiles entre eux et avec les éléments chromophobes peuvent être résumés dans le schéma suivant :




(1) Reitano, *Fibroblasti e cellule reticolari nella milza di animali anemizzati e colorati vitalmente col tripanblau*, Haem., III, 1922.

Ainsi se trouve établie la notion fondamentale de l'existence dans le tissu conjonctif d'une réserve de cellules à potentialités embryonnaires, dont les unes (hémohistioblastes proprement dits) conservent, à peine modifiée, l'allure de la cellule mésenchymale embryonnaire d'où elles dérivent, dont d'autres présentent des différenciations instables plus ou moins aisément réversibles (1).

Présents dans le tissu conjonctif lâche, où ils sont le point de départ des réactions lymphoïde ou myéloïde qu'on note dans les leucémies : particulièrement abondants au voisinage des vaisseaux et prenant une part active aux phénomènes inflammatoires, les hémohistioblastes existent aussi dans les organes hématopoïétiques proprement dits. Ils y sont représentés, nous l'avons déjà vu, par les cellules réticulaires, auxquelles il faut joindre les endothéliums des capillaires sanguins et des sinus lymphatiques. Ces éléments réticulaires et endothéliaux, — appelés réticulo-endothéliaux par les auteurs qui admettent l'absence d'une paroi propre pour les sinus lymphatiques, les sinus veineux de la rate et peut-être les capillaires de la moelle — participent normalement, selon Ferrata, à la régénération des cellules-souches chromophobes des parenchymes lymphoïde et myéloïde ; ce réticulo-endothélium serait même, d'après Aschoff, la source normale immédiate des monocytes. C'est lui, dans tous les cas, qu'on considère de plus en plus comme le point de départ des déviations pathologiques de l'hématopoïèse, métaplasie lymphadénoïde ou réaction mégaloblastique de la moelle, métaplasie myéloïde des ganglions lymphatiques.

(1) Au contraire de Maximov, qui reconnaissait au lymphocyte des tissus la fonction polyblastique et le pouvoir de se transformer en clasmatocyte, Ferrata considère cet élément comme définitivement différencié, à cause de sa chromophobie.

## § II. *Les organes hématopoïétiques chez l'embryon*

L'évolution de l'hématopoïèse au cours du développement embryonnaire se divise assez naturellement en trois périodes.

La première phase, appelée *période préhépatique* ou mésenchymateuse, s'étend jusqu'au commencement de l'hématopoïèse dans le foie.

La seconde, *période hépato-splénique*, est caractérisée par l'activité hématopoïétique du foie et de la rate.

Pendant la troisième période, qui est la *période médullaire*, se forment la moelle osseuse et les organes lymphadénoïdes.

### A. PÉRIODE PRÉHÉPATIQUE

C'est en dehors de l'ébauche du corps, dans les parois de la vésicule ombilicale, que se forment, chez l'embryon des mammifères, les premiers vaisseaux et les premières cellules sanguines.

Les premières formations vasculaires apparaissent dans la partie postérieure de l'aire opaque, au voisinage de sa périphérie ; elles s'étendront progressivement à toute la surface de cette aire, qui sera transformée ainsi en *aire vasculaire*, pour rejoindre finalement le système de vaisseaux qui s'est formé dans le corps de l'embryon.

Dans la lame splanchnique du mésoderme — donc sous la cavité célomique — on voit se grouper, au voisinage de l'endoderme, des amas de cellules mésenchymales. Ces masses, connues depuis longtemps sous le nom d'*îlots sanguins* de Wolff et Pander, sont d'abord isolées, mais se réunissent bientôt en cordons pleins. Dans ces cordons, les cellules périphériques s'aplatissent de manière à former la paroi d'un tube creux ; les cellules centrales perdent contact avec leurs voisines et se mettent à flotter dans le plasma primordial. Ainsi se trouvent formés les premiers capillaires et les cellules primitives du sang.

Les auteurs qui, à l'origine, étudièrent ces phénomènes, admettaient que les cellules de la partie centrale des îlots sanguins se chargent rapidement d'hémoglobine, pour se multiplier alors par des divisions répétées. Les capillaires primitifs ne renfermeraient, pour eux, que des éléments hémoglobinifères.

Schridde (1907) était encore de cet avis : ayant vu — ou cru voir — chez de jeunes embryons humains des cellules endothéliales déjà chargées d'hémoglobine faire hernie dans la lumière vasculaire, l'auteur considérait les érythroblastes de la première génération comme dérivant directement de la paroi vasculaire. On voit que, d'après cette conception, la cellule primitive du sang est un mégaloblaste d'Ehrlich.

Les travaux de Maximov (1909) ont démontré l'existence, dans les premiers vaisseaux, de cellules encore dépourvues d'hémoglobine. Les cellules sanguines primitives sont des éléments lymphoïdes à protoplasme basophile : elles dérivent des cellules centrales des îlots de Wolff, multipliées par division. Un certain nombre peuvent toutefois provenir de l'endothélium primitif, soit que les cellules endothéliales se divisent et qu'une des cellules-filles tombe dans la lumière, soit qu'une cellule endothéliale, s'arrondissant, fasse hernie dans la lumière et se détache. Il est d'ailleurs impossible de noter une différence morphologique entre les cellules nées de l'endothélium et les autres.

D'après l'embryologiste russe, il est exact que la grande majorité des cellules sanguines primitives se chargent d'hémoglobine pour donner naissance aux érythroblastes primitifs. Quelques-unes cependant donnent, par simple division, des cellules lymphoïdes, munies d'un protoplasme plus basophile encore que celui de la cellule-mère et que Maximov considère comme les premiers lymphocytes. Ceux-ci se multiplient et certains d'entre eux

donneront plus tard les érythroblastes et érythrocytes définitifs.

Des recherches ultérieures de Ferrata et Negreiros-Rinaldi, récemment complétées par celles de Di Guglielmo (1), ont amené ces auteurs à modifier d'une manière assez importante diverses interprétations de Maximov.

L'école italienne considère les cellules primitives du sang comme des cellules mésenchymales mobilisées ; de même que l'endothélium primitif, elles constituent une simple modification fonctionnelle des cellules mésenchymales polymorphes, tous ces éléments entrant d'ailleurs dans la catégorie des hémohistioblastes dont nous avons vu la persistance chez l'adulte.

La *cellule primitive du sang* possède un protoplasme basophile, vacuolisé, sans grains ni filaments azurophiles, avec un noyau présentant un réseau à larges mailles et plusieurs nucléoles volumineux (2) : morphologie nettement distincte de celle des hémocytoblastes ou des éléments de la lignée lymphocytaire.

Pour Ferrata, cette cellule sanguine primitive donnerait uniquement les globules rouges de première génération, c'est-à-dire les éléments de la série mégalocytaire d'Ehrlich.

Le premier stade de la différenciation serait le *promégaloblaste*, à protoplasme intensément basophile (3) et à noyau nucléolé de structure fine, tenant à la fois du type de l'hémocytoblaste et du proérythroblaste définitif.

Le *mégaloblaste basophile* diffère du type précédent par

(1) G. Di Guglielmo, *Sulla primitiva cellula migrante*, Haem., III, 1922.

(2) Cette structure nucléaire est identique à celle des hémohistioblastes décrits par Franco et Ferrata dans la leucémie myéloïde et retrouvés depuis dans diverses maladies du sang. Cfr. Franco et Ferrata, *Cellule istioidi (emoistioblasti) e loro derivati nel sangue circolante*, Arch. per le Sc. Med., 1919.

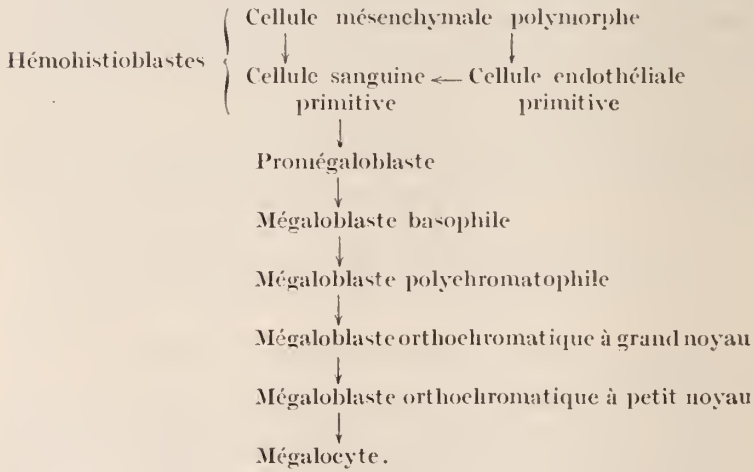
(3) Le phénomène paradoxal de Ferrata se retrouverait ici comme dans la génération définitive normocytaire.

l'absence de nucléoles ; il est probable que les lymphocytes trouvés par Maximov dans les premiers vaisseaux correspondent à ce stade et au promégaloblaste.

Le protoplasme commençant à élaborer de l'hémoglobine, la cellule devient un *mégaloblaste polychromatophile* qui, se chargeant entièrement d'hémoglobine, donne le *mégaloblaste orthochromatique*. Celui-ci, comme du reste le *mégalocyte* anucléé qui en dérive, est caractérisé par une hyperchromie cytoplasmique qu'on ne retrouve pas chez les normocytes.

L'évolution nucléaire aussi diffère assez notablement de celle des éléments de la série normocytaire. Les jeunes mégaloblastes orthochromatiques ont encore un noyau volumineux, nettement structuré ; à mesure que la cellule vieillit, la grandeur du noyau diminue, mais la structure nucléaire reste assez longtemps visible ; en somme, l'atrophie nucléaire est plus lente que dans les cellules de la génération définitive (1).

Cette filiation des mégalocytes est résumée dans le schéma ci-dessous :




(1) On n'admet plus la théorie d'Engel, qui considérait les érythroblastes orthochromatiques à grand noyau (métrocytes I) et ceux à petit noyau (métrocytes II) comme représentant deux générations distinctes d'érythroblastes.

A cette période, les vaisseaux ne contiennent *ni lymphocytes* vrais, *ni granulocytes ;* on voit cependant dans les tissus des cellules mésenchymales se transformer en éléments leucocytoïdes granuleux.

Maximov signale dès ce stade l'existence dans le sang de *cellules géantes,* qu'il faut peut-être considérer comme des mégacaryocytes circulants ; aucune indication ne permet de dire qu'à ce moment ils produisent des plaquettes.

Les mégalocytes sont destinés à disparaître au cours de la période suivante, leur production n'étant plus en rapport avec leur destruction. Ils sont supplantés par une génération nouvelle de globules rouges, celle des normocytes, que nous retrouvons seule chez l'adulte normal ; les mégalocytes reparaissent toutefois dans l'anémie pernicieuse.

### B. PÉRIODE HÉPATO-SPLÉNIQUE

L'hématopoïèse dans *le foie* débute chez l'homme vers le troisième mois de la vie intra-utérine.

A ce moment, les cellules endodermiques de l'ébauche hépatique se sont enfoncées dans le mésenchyme vascularisé du septum transversum. Entre ces cellules et l'endothélium des capillaires, se trouvent des cellules mésenchymales irrégulièrement étoilées qui sont, pour Maximov et Mollier, le point de départ de l'hématopoïèse hépatique (1).

Un certain nombre de ces cellules s'arrondissent et se transforment en éléments lymphoïdes de grande taille, que Maximov appelle de grands lymphocytes, mais qui en réalité ne présentent pas de caractère lymphocytaire ; Ferrata les identifie à ses hémocytoblastes. Quoi qu'il en

(1) Le foie est hematopoïétique chez les batraciens et les mammifères ; il ne l'est pas chez les reptiles et les oiseaux ; chez ces derniers, le sac vitellin est l'unique organe hématopoïétique, en attendant que fonctionne la moelle : il s'y forme, à côté d'hématies, des granulocytes (Dantschakoff).

soit, Maximov et Ferrata sont d'accord pour admettre la différenciation de ces éléments en globules rouges de la génération définitive, en leucocytes granuleux et en mégacaryocytes.

Le phénomène de l'érythropoïèse est de loin le plus intense. Quant à la production des granulocytes, elle semble débuter par celle des éléments à granulations neutrophiles. L'évolution des cellules sanguines ressemblant à ce qui se passe dans la moelle de l'adulte, nous n'avons plus à la décrire.

Tout le monde ne place pas cependant, comme Maximov et Mollier, l'origine de l'hématopoïèse dans les cellules mésenchymales interposées entre l'endothélium et les cellules hépatiques.

Schridde a fait dériver de l'endothélium, indépendamment les uns des autres, des érythroblastes qui se différencieront en normocytes et des myéloblastes qui donneront les leucocytes granuleux. Aron (1) a soutenu récemment la thèse paradoxale de l'origine des éléments sanguins aux dépens des cellules hépatiques elles-mêmes. Il faut remarquer que les arguments d'Aron sont au moins discutables. Quant à la théorie de l'origine endothéliale, elle a contre elle la rareté des aspects où l'on voit une cellule endothéliale se gonfler et se détacher de la paroi vasculaire. Toutefois, qu'un certain nombre de « grands lymphocytes » de Maximov aient cette origine, il n'y a là rien d'impossible, puisque la cellule endothéliale n'est qu'une adaptation fonctionnelle de la cellule mésenchymale et qu'on trouve çà et là, au cours de la période précédente, des cellules endothéliales se transformant en cellules primitives du sang.

D'anciens auteurs encore ont soutenu l'hypothèse d'une origine exogène des cellules sanguines du foie embryon-

(1) M. Aron, *L'Origine du sang dans le foie embryonnaire*, C. R. Soc. Biol., 1921 et Arch. de Morph. gén. et exp., 1922.

naire. Cette opinion n'a plus guère de partisans aujourd'hui ; d'après Jolly et Saragea (1), elle ne devrait cependant pas être entièrement écartée.

On connaît imparfaitement le sang à la fin de la période préhépatique. Maximov y admet la transformation de certains lymphocytes en érythroblastes définitifs, dès avant l'apparition de l'hématopoïèse dans le foie. Ces faits ne sont conciliables avec la théorie de Ferrata que si les dernières cellules sanguines primitives se différencient en hémocytoblastes dans le sang même : il n'est pas impossible que certaines de ces cellules indifférenciées se fixent dans le tissu hépatique, en profitant des remaniements de l'endothélium, d'ailleurs discontinu.

De toute manière, les éléments sanguins du foie embryonnaire (globules rouges, granulocytes, mégacaryocytes) dérivent de l'hémohistioblaste de Ferrata, puisqu'ils proviennent de cellules mésenchymales polymorphes et peut-être en partie de cellules endothéliales ou d'éléments immigrés.

On discute davantage sur le point de savoir si l'hémohistioblaste se différencie d'emblée dans des directions divergentes (Schridde), ou s'il commence par donner une cellule souche commune aux diverses lignées (Maximov, Ferrata). Cette dernière opinion paraît suffisamment justifiée par les transitions morphologiques qu'on observe entre hémocytoblastes et myélocytes granuleux d'une part, entre hémocytoblastes et érythroblastes de l'autre.

Vers le moment où l'hématopoïèse commence dans le foie, elle débute aussi dans la *rate*.

L'ébauche splénique naît dans le mésenchyme du mésentère dorsal de l'estomac. Les premières cellules libres qu'on y trouve ont, d'après Thiel et Downey (2),

(1) Jolly et Saragea, *Sur les ébauches sanguines embryonnaires intrahépatiques*, C. R. Soc. Biol., 1922.

(2) G. A. Thiel et H. Downey, *The development of the mammalian*

la morphologie des « grands lymphocytes » de Maximov : nous les appellerons, avec Ferrata, des hémocytoblastes. Elles se forment aux dépens des cellules mésenchymateuses et se différencient pour la majeure partie en globules rouges de la génération définitive ; quelques-unes toutefois se transforment en granulocytes. L'érythropoïèse est essentiellement extravasculaire. Les cellules de la bordure des premiers sinus peuvent donner aussi des hémocytoblastes ; il faut attribuer aux éléments de cette bordure la même valeur qu'aux autres cellules du mésenchyme, les sinus étant de simples lacunes qui se mettent secondairement en communication avec les veines.

A cette période, la rate est entièrement myéloïde : l'hémocytoblaste y produit uniquement des globules rouges et des granulocytes. Plus tard seulement naîtront les formations lymphoïdes, aux dépens du mésenchyme condensé qui entoure les artères.

### C. PÉRIODE MÉDULLAIRE

La période hépato-splénique était caractérisée par l'apparition des premiers organes hématopoïétiques intra-embryonnaires et de cellules ayant l'aspect morphologique de l'hémocytoblaste.

Le début de la période médullaire est marqué par l'entrée en activité des organes hématopoïétiques qui possèdent le rôle fondamental dans l'élaboration des éléments du sang chez l'adulte : nous voulons dire la *moelle osseuse* et les *ganglions lymphatiques*.

On sait que l'ébauche cartilagineuse des os est entourée d'une enveloppe de tissu conjonctif embryonnaire densifié, qu'on nomme le périchondre. Celui-ci produit des bourgeons très vascularisés qui résorbent le cartilage et

*spleen, with special reference to its haematopoietic activity*, Am. Journ. of Anat., 28, 1921.

y creusent la cavité médullaire primitive. Les cellules mésenchymales de ces bourgeons donneront des ostéoblastes qui se transformeront en cellules osseuses ; des ostéoclastes qui résorberont les restes de la substance fondamentale du cartilage et, plus tard, certaines lamelles osseuses; enfin, ce qui nous intéresse davantage, de grandes cellules lymphoïdes qui seront le point de départ de l'hématopoïèse, et un résidu destiné à former le stroma conjonctif de l'organe, réserve d'hémohistioblastes à caractères embryonnaires dans le parenchyme hématopoïétique.

Les grandes cellules lymphoïdes se différencient en globules rouges, granulocytes et mégacaryocytes, donnant donc naissance à un parenchyme myéloïde typique. De même que pour le foie et la rate, se pose ici la question de l'existence d'une souche lymphoïde unique pour tous les éléments du parenchyme.

Comme précédemment et pour les mêmes raisons, nous admettrons la transformation de l'hémohistioblaste en hémocytoblaste (« grand lymphocyte » de Maximov) et la différenciation de celui-ci en érythroblastes, myélocytes et mégacaryocytes.

La moelle commence à fonctionner vers la fin du troisième mois de la vie intra-utérine chez l'embryon humain dans les os longs des membres ; les os plats du crâne, les clavicules et les côtes sont aussi le siège d'une hématopoïèse intense. Quand l'hématopoïèse aura cessé dans la rate, où elle se termine au septième mois de la vie fœtale et dans le foie, où elle persiste normalement jusqu'au neuvième mois, la moelle demeurera le seul organe contenant un parenchyme myéloïde typique.

La période médullaire comporte aussi la formation des premiers organes producteurs de lymphocytes véritables.

Les *ganglions lymphatiques* sont d'origine mésenchymale. Autour de lacunes, qui représentent l'ébauche des

sinus ganglionnaires et qui, d'après les travaux de l'école américaine, se mettent secondairement en communication avec les plexus lymphatiques voisins (Downey), on voit les cellules polymorphes se libérer et s'arrondir ; l'opinion de Schridde, qui faisait dériver les premières cellules libres de l'endothélium des vaisseaux lymphatiques, ne trouve plus guère de défenseurs : on attribue d'ailleurs aujourd'hui aux cellules limitantes des sinus la même valeur qu'aux autres cellules mésenchymales.

Concernant la nature des premières cellules libres du ganglion, rien n'est établi jusqu'ici avec certitude. Sont-ce de petits lymphocytes, comme le prétend Schridde ? Sont-ce des hémocytoblastes, comme le veut Ferrata ? Plutôt que de déformer les faits pour les ranger dans le cadre d'une théorie, attendons de nouvelles recherches.

Le groupement en follicules et l'apparition de centres germinatifs sont, pour Weidenreich, chose secondaire, répondant à une augmentation de la production de lymphocytes.

On note, dans certains ganglions, une érythropoïèse temporaire.

Les *formations lymphoïdes de la rate* n'apparaissent que tardivement. Lorsque se sont formées les artères de la rate, par le remaniement de certains capillaires, on voit naître dans leur paroi des accumulations de petites cellules lymphoïdes, que Thiel et Downey considèrent comme de petits lymphocytes ; les grandes cellules lymphoïdes n'apparaîtraient, pour ces auteurs, que plus tard, par accroissement de petits lymphocytes ou, plus souvent, par arrondissement des éléments du réticulum.

Si la formation des gaines lymphoïdes est relativement précoce, les follicules spléniques ne se développent dans beaucoup d'espèces animales qu'après la naissance ; le nombre de grandes cellules lymphoïdes augmente alors considérablement : elles se forment par les mêmes procédés qu'auparavant.

Le *thymus* joue également un rôle dans la production des lymphocytes chez l'embryon et, plus tard, chez l'enfant. L'ébauche thymique, d'origine hypoblastique, est envahie par les lymphocytes formés dans le mésenchyme environnant ; ces lymphocytes, y trouvant sans doute un milieu favorable, s'y multiplient et passent ensuite dans le sang.

### D. CONCLUSIONS

Bien des incertitudes planent encore sur les phénomènes de l'hématopoïèse embryonnaire. On peut cependant, semble-t-il, tenir pour acquis un certain nombre de résultats.

1. Au cours de la période préhépatique, le sang de l'embryon — mises à part quelques cellules géantes — ne renferme que les éléments de la lignée mégalocytaire. Ceux-ci dérivent d'une « cellule primitive du sang », d'aspect lymphoïde, mais distincte de l'hémocytoblaste ou des lymphocytes de l'adulte et possédant la valeur d'une cellule mésenchymale mobilisée. A cette période, le sang ne contient encore ni globules rouges définitifs (sauf peut-être vers la fin), ni lymphocytes, ni granulocytes.

2. Les premiers organes hématopoïétiques qui se forment dans le corps de l'embryon produisent des globules rouges, des granulocytes et des mégacaryocytes, mais pas de lymphocytes. Les cellules lymphoïdes que contiennent ces organes, n'ont rien de commun, malgré Maximov et d'autres, avec les vrais lymphocytes de l'adulte. Il en résulte que le tissu myéloïde apparaît plus tôt que le tissu lymphadénoïde.

3. Il faut remarquer l'analogie frappante que présente la formation des parenchymes hématopoïétiques dans les divers organes où elle se réalise. Partout, la cellule mésenchymale polymorphe se transforme en cellules lymphoïdes arrondies. La collaboration des endothéliums à cette

production est minime : on considère d'ailleurs de plus en plus les capillaires des organes hématopoïétiques et les sinus ganglionnaires comme de simples lacunes du mésenchyme, bordées par des cellules ayant la même signification que les cellules mésenchymales. Il n'existe aucune raison d'admettre avec Schridde que les hématies et les granulocytes dérivent de l'endothélium vasculaire tandis que les lymphocytes dériveraient de l'endothélium lymphatique.

Les parenchymes hématopoïétiques proviennent de l'hémohistioblaste de Ferrata, ubiquitaire et polymorphe.

4. La nature des cellules lymphoïdes formées par l'arrondissement des cellules mésenchymales est encore discutable. Pour Schridde — et Naegeli partage cette opinion — ces éléments seraient, dans les organes myéloïdes, des érythroblastes, producteurs exclusifs d'hématies, et des myéloblastes, producteurs exclusifs de granulocytes ; dans les formations lymphadénoïdes, ce seraient de petits lymphocytes folliculaires.

Ferrata y voit, au contraire, des hémocytoblastes à fine structure nucléaire, qui, à leur tour, seraient dans le tissu myéloïde la souche des hématies, des granulocytes et des mégacaryocytes et, dans le tissu lymphadénoïde, la souche des lymphocytes.

Pappenheim enfin admet la formation ubiquitaire de ses lymphoïdocytes, morphologiquement identiques aux hémocytoblastes de Ferrata, mais disparaissant secondairement dans les organes lymphadénoïdes.

Il y a des raisons d'admettre, avec Pappenheim et Ferrata, que les cellules mésenchymales, dans les organes myéloïdes, donnent des hémocytoblastes, morphologiquement semblables aux myéloblastes de Naegeli, et d'où dérivent, par l'intermédiaire d'érythroblastes, des globules rouges ; par l'intermédiaire de myélocytes, des granulocytes et peut-être aussi, par l'intermédiaire de mégacaryoblastes, des mégacaryocytes.

En ce qui concerne les organes lymphadénoïdes, la formation d'hémocytoblastes aux dépens de cellules mésenchymales, d'après l'interprétation de Pappenheim et Ferrata, ne doit être admise qu'avec plus de réserves, étant donné que les formes qui s'isolent les premières sont, d'après divers auteurs, de petits lymphocytes ; mais peut-être s'agit-il d'hémocytoblastes de petite taille : la confusion a été faite si souvent chez l'adulte !

5. L'embryologie ne nous apprend rien sur l'origine des monocytes.

6. Le nombre de cellules mésenchymales indifférentes diminue au cours du développement embryonnaire, à mesure que se différencient les tissus cartilagineux et osseux, les diverses variétés de tissu conjonctif fibrillaire et les organes hématopoïétiques.

Une partie de ces éléments persisteront toutefois dans le tissu conjonctif en général et dans le réticulum des organes hématopoïétiques en particulier ; ce sont les hémohistioblastes, dont nous avons vu la répartition et le rôle chez l'adulte.

---

## TROISIÈME PARTIE

### Les théories hématologiques

Nous avons essayé de rendre compte, d'une manière aussi objective que possible, des phénomènes de l'hématopoïèse chez l'embryon et chez l'adulte. Mais comme en hématologie, plus peut-être qu'en aucun autre domaine, les faits ont souvent été vus au travers de théories, il nous a été impossible de ne pas introduire dans notre exposé certaines données encore hypothétiques, et nous avons choisi, pour grouper provisoirement les innombrables variétés cellulaires que contiennent les organes san-

guiformateurs, une des classifications les plus récentes, celle de Ferrata.

Le moment est venu d'envisager les diverses théories qui ont prétendu rendre compte de la filiation des cellules sanguines et du plan général de l'hématopoïèse.

Nous assisterons ainsi aux épisodes de la lutte qui met encore aux prises *unicistes* ou *monophylétistes* d'une part, *dualistes* ou *polyphylétistes* de l'autre : les premiers admettent que tous les éléments du sang, même chez l'adulte, dérivent d'une souche unique ; les derniers admettent pour les globules sanguins l'existence de plusieurs lignées distinctes (polyphylétisme) et ils insistent sur la spécificité des parenchymes myéloïde et lymphadénoïde (dualisme).

### I. ANCIENNE THÉORIE DUALISTE

Vers le milieu du siècle dernier, l'opinion régnante faisait dériver, avec Virchow, les leucocytes polynucléaires des cellules lymphatiques (Lymphzellen) dont on connaissait l'arrivée dans le sang par le canal thoracique.

Les recherches d'Ehrlich, qui ne portèrent plus uniquement sur le sang, mais aussi sur les organes hématopoïétiques, l'amenèrent au contraire à opposer les lymphocytes à protoplasme uniformément basophile aux leucocytes à protoplasme granuleux. A leur différence morphologique se joint en effet une différence d'origine : les cellules granuleuses naissent exclusivement dans la moelle osseuse et les lymphocytes dans les ganglions lymphatiques. Deux parenchymes hématopoïétiques distincts s'opposent ainsi dans la vie postembryonnaire : le parenchyme myéloïde, localisé dans la moelle des os ; le parenchyme lymphadénoïde, situé dans les ganglions lymphatiques et dans quelques formations lymphoïdes secondaires.

Le *parenchyme myéloïde* produit les trois espèces de *leucocytes granuleux* à noyau polymorphe ; ceux-ci se

forment aux dépens de *myélocytes*, Ehrlich donnant ce nom à des cellules à noyau encore rond, mais contenant déjà dans leur protoplasme l'une ou l'autre catégorie de granulations spécifiques. Les myélocytes représentent les cellules-souches du tissu myéloïde de l'adulte ; ce sont eux qui assurent, par leur multiplication et leur différenciation, la régénération des leucocytes granuleux, laquelle est donc entièrement homoplastique.

Quant aux *hématies*, elles sont aussi une production spécifique du tissu myéloïde ; les *érythroblastes* hémoglobinifères dont elles proviennent se régénèrent uniquement par division, comme les myélocytes.

Après avoir hésité sur l'origine splénique ou médullaire des *grands mononucléaires*, Ehrlich les a fait dériver aussi du tissu myéloïde ; en passant par la forme dite de transition, ces cellules pourraient évoluer, dans le sang même, en leucocytes neutrophiles.

Le *parenchyme lymphadénoïde* produit uniquement les *lymphocytes ;* ceux-ci proviennent de la cellule-souche spécifique du tissu lymphoïde, le *grand lymphocyte*, qui se multiplie dans les centres germinatifs.

La théorie d'Ehrlich se résume dans le schéma suivant :

*Parenchyme myéloïde :*

| Érythroblaste hémoglobinifère | Myélocyte neutrophile | Grand mononucléaire | Myélocyte éosinophile | Myélocyte basophile |
|---|---|---|---|---|
| ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| Érythrocyte | Leucocyte neutrophile ← | Forme de transition | Leucocyte éosinophile | Leucocyte basophile |

*Parenchyme lymphadénoïde :*

Grand lymphocyte
↓
Lymphocyte.

La *spécificité* qui marque les parenchymes hématopoïétiques à l'état normal, se maintient dans les cas pathologiques. Dans la leucémie, on trouve fréquemment des myélocytes au sein des ganglions lymphatiques, comme

dans d'autres tissus. On pourrait songer à une *métaplasie* du tissu lymphoïde due à une différenciation de grands lymphocytes en myélocytes. Ehrlich rejette cette explication, contraire à ses idées sur la spécificité des parenchymes, et affirme qu'il s'agit toujours d'une *métastase* de cellules médullaires, amenées par la voie sanguine et secondairement arrêtées dans le ganglion (1).

Cette théorie devait se montrer bientôt inconciliable avec un certain nombre de faits.

1° Divers auteurs (Cornil, Arnold, Müller, Troje) avaient déjà signalé l'existence, dans la moelle, de *cellules lymphoïdes*, dépourvues à la fois de granules et d'hémoglobine ; certains avaient même cru pouvoir considérer ces éléments comme la souche des érythroblastes ou des myélocytes. Mais Ehrlich ne voulut y voir qu'un tissu paramyéloïde de nature lymphatique, juxtaposé au parenchyme myéloïde, mais entièrement distinct de celui-ci. Il identifia de même à ses grands lymphocytes les cellules lymphoïdes découvertes par Fränkel dans la leucémie aiguë et qu'on devait bientôt retrouver dans la leucémie myéloïde chronique.

Une découverte de Pappenheim vint porter un coup décisif à l'interprétation d'Ehrlich. Pappenheim décrivit en effet des stades de transition entre ce qu'Ehrlich lui-même considérait comme de grands lymphocytes et les myélocytes granuleux.

Devant l'évidence du fait, la théorie d'Ehrlich devait céder, mais diverses interprétations pouvaient s'y substituer, qui trouvèrent chacune des partisans.

Si l'on continuait à assimiler à de grands lymphocytes les cellules lymphoïdes de la moelle et de la leucémie myéloïde chronique, on arrivait naturellement à faire du grand lymphocyte la souche ubiquitaire des lympho-

(1) Cette explication a été invoquée par Banti et Ribbert en faveur de leur théorie de la nature sarcoïde de la leucémie.

cytes et des leucocytes granuleux. Cette conception, monophylétiste et de tendance uniciste, aboutit à considérer le tissu myéloïde comme un dérivé secondaire d'un tissu lymphadénoïde primitif ; elle est encore aujourd'hui défendue par Maximov et quelques autres auteurs.

On pouvait sauver le dualisme d'Ehrlich et, dans une certaine mesure, son polyphylétisme, en cessant d'affirmer l'identité des grands lymphocytes des ganglions et des cellules lymphoïdes de la moelle et en admettant que si les myélocytes dérivent d'éléments non granuleux, ceux-ci sont spécifiques du tissu myéloïde ; c'est la thèse du dualisme moderne, qui a trouvé dans Naegeli son principal défenseur.

On pouvait enfin subdiviser les grands lymphocytes d'Ehrlich en deux catégories cellulaires différentes de celles admises par Naegeli, et distinguer, d'une part, les lymphocytes de grande taille qu'on trouve dans les ganglions et, d'autre part, de grandes cellules ubiquitaires, du type morphologique des cellules lymphoïdes, mais non lymphocytaires ; celles-ci produiraient dans les ganglions les grands lymphocytes vrais, et dans la moelle les myélocytes ; c'est la théorie néo-monophylétiste, à laquelle se rattachent les noms de Pappenheim et de Ferrata.

Ces divergences d'opinion doivent être attribuées en grande partie à l'insuffisance des méthodes de coloration (triacide d'Ehrlich, vert de méthyle-pyronine de Pappenheim, éosine-bleu de méthylène) dont on disposait au début : si ces méthodes permettaient l'étude détaillée des constituants cytoplasmiques et de leurs propriétés tinctorielles, elles ne donnaient qu'une image extrêmement imparfaite des structures nucléaires. Ainsi, elles ne montraient aucune différence entre les grandes cellules lymphoïdes de la moelle et les grands lymphocytes de la leucémie lymphatique. Il faut avouer, pour ce motif, que le bon sens fut souvent du côté des unicistes de l'ancienne tendance, au cours de ces querelles sur des différences qui

se dérobaient à l'observation, mais il convient de reconnaître aussi que l'introduction de méthodes plus parfaites a remis en question bien des points de leur thèse.

2° En ce qui concerne les *grands mononucléaires*, Pappenheim a établi, dès 1900, qu'il n'existe pas de transitions véritables entre ces éléments et les granulocytes ; il a montré que les soi-disant « formes de transition » d'Ehrlich ne sont que des mononucléaires vieillis, qui n'élaborent jamais de granulations neutrophiles : dans tous les cas où pareille élaboration a été signalée dans des mononucléaires, on a en réalité eu affaire à des métamyélocytes.

3° L'explication par des *métastases* de l'apparition de tissu myéloïde en dehors de la moelle est aujourd'hui abandonnée par tous les auteurs, Ziegler excepté ; elle cadrait mal avec l'extrême facilité de la production de tissu myéloïde extramédullaire dans l'anémie expérimentale ; la découverte de lésions leucémiques dans les tissus, sans qu'apparaissent dans le sang des formes jeunes, a montré à l'évidence que du tissu myéloïde peut se former sur place dans les ganglions et les autres tissus.

### 2. THÉORIE NÉO-DUALISTE

A la suite des travaux de Pappenheim, bientôt confirmés par d'autres, les partisans de la théorie dualiste d'Ehrlich, sauf Helly (1), reconnurent qu'il était impossible de considérer encore les myélocytes granuleux comme la souche ultime des granulocytes de l'adulte.

Naegeli admit que les myélocytes dérivent d'une cellule à caractère lymphoïde ; mais au lieu de considérer celle-ci comme la souche ubiquitaire des lymphocytes et des granulocytes, il en fit une cellule propre au parenchyme

(1) Helly considère les cellules lymphoïdes de la moelle comme des érythrogonies, productrices exclusives d'érythroblastes et d'hématies.

myéloïde, productrice uniquement de myélocytes, et la nomma *myéloblaste*.

Le myéloblaste s'oppose au *lymphoblaste*, appellation nouvelle donnée au grand lymphocyte des centres germinatifs ; les dualistes ont proposé en effet toute une série de critères morphologiques et biologiques pour différencier les deux éléments.

Naegeli a cru trouver une différence dans le *nombre de nucléoles* : le lymphoblaste n'en contiendrait qu'un ou deux ; il y en aurait davantage (jusque six) dans les myéloblastes. Lui-même a reconnu depuis que la distinction ne s'applique pas au sang pathologique. Le simple examen de quelques frottis de moelle suffit d'ailleurs à montrer l'existence de myéloblastes à un ou deux nucléoles.

Naegeli et les dualistes ont prétendu que le lymphoblaste se distinguait du myéloblaste par la présence d'un *halo clair* tout autour du noyau. En fait, on retrouve souvent ce halo dans les myéloblastes, comme Naegeli du reste a fini par l'admettre.

Les dualistes ont affirmé que les *granulations fuchsinophiles* d'Altmann-Schridde étaient caractéristiques des éléments de la lignée lymphoïde et manquaient dans les cellules myéloïdes. Mais les recherches ultérieures ont montré la présence de ces granulations dans les myéloblastes comme dans les lymphoblastes : il s'agit, selon toute vraisemblance, d'un constituant banal de tous les cytoplasmes, identifié par Benda, Meves et d'autres avec le chondriome.

Récemment, Ellermann (1) a soutenu que l'*angle du sommet du fuseau* dans la division cellulaire possède dans les lymphoblastes une valeur moyenne moindre que dans les myéloblastes et qu'en outre les érythrogonies ont un fuseau particulièrement aigu. Mais une mesure angulaire

(1) V. Ellermann, *Mesure des angles des mitoses pour la distinction des diverses cellules lymphoïdes (myéloblastes, lymphoblastes, érythrogonies)*, C. R. Soc. Biol., 1921.

de ce genre est toujours délicate et, de plus, les variations individuelles sont telles, d'après Ellermann lui-même, qu'il n'est pas toujours possible d'identifier par ce moyen un élément isolé.

Enfin, chose plus importante, le lymphoblaste des centres germinatifs posséderait une *structure nucléaire* plus grossière que celle du myéloblaste. Ce serait là un fait d'importance capitale et qui serait décisif, s'il était vérifié ; il a d'ailleurs été admis par Pappenheim, le chef de l'école néo-monophylétiste : nous aurons à revenir sur ce point.

A ces critères d'ordre morphologique, les dualistes en ajoutent d'autres d'ordre biologique, qui les portent à opposer entre eux d'abord les lymphoblastes et les myéloblastes, et ensuite le parenchyme lymphadénoïde et le parenchyme myéloïde qui dérivent de ces deux cellules-souches.

Le tissu myéloïde et les éléments qui en proviennent seraient seuls, disent-ils, à posséder des *ferments protéolytiques* (Müller et Jochmann) et à présenter les *réactions des oxydases*. Depuis, il est vrai, on a prouvé que les lymphocytes peuvent, eux aussi, contenir des ferments protéolytiques (Opie) et que les réactions des oxydases peuvent être positives dans les ganglions lymphatiques (von Jagic et Sapegno) et négatives dans le sang des myéloses. Il y a d'ailleurs de meilleurs arguments que la présence ou l'absence de ferments banaux pour établir la spécificité des parenchymes.

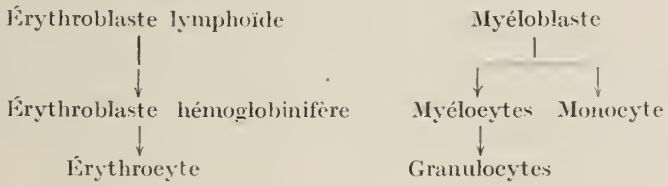
Dans le système néo-dualiste, les grands mononucléaires ou *monocytes* continuent à être rangés dans la série myéloïde, mais leur transformation en leucocytes neutrophiles n'est plus admise. Naegeli avait d'abord songé, comme Türk, à les faire provenir de la rate et à les considérer comme des cellules spéciales, issues d'un système leucopoïétique rudimentaire, à rapprocher du système myéloïde. Finalement (1909), il les rangea dans le système

myéloïde lui-même et fixa leur souche dans les myéloblastes. Il se fonde sur ce que leur présence dans la moelle est bien établie, tandis qu'elle serait au moins douteuse dans la rate et les ganglions lymphatiques. Il s'appuie aussi sur l'existence, dans ces cellules, de certaines granulations qu'il considéra d'abord comme neutrophiles et auxquelles il donne actuellement la valeur de granulations spécifiques particulières.

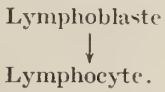
Quant à l'origine des *globules rouges*, Naegeli admet aujourd'hui qu'il existe dans la moelle des érythroblastes lymphoïdes, mais il nie toute relation de ceux-ci avec les myéloblastes, et les considère comme représentant chez l'adulte la souche autonome du système érythropoïétique.

La filiation des cellules sanguines, d'après le système néo-dualiste, peut être représentée comme suit :

*Parenchyme myéloïde :*




*Parenchyme lymphadénoïde :*




Il reste à dire comment la théorie néo-dualiste explique l'apparition de tissu myéloïde dans les organes qui, normalement, n'en contiennent pas. Bien qu'ils maintiennent le principe posé par Ehrlich de la *spécificité* des deux parenchymes hématopoïétiques, les néo-dualistes ne recourent plus à des métastases pour rendre compte de ce phénomène. Il s'agit bien pour eux, comme pour les unicistes, de *productions autochtones* ; mais, au lieu de les faire dériver, comme beaucoup d'unicistes, de cellules

lymphoïdes indifférentes, ils admettent la persistance dans les tissus adultes de cellules conjonctives embryonnaires indifférentes qui, sous l'action de stimulants pathologiques, entrent en différenciation comme chez l'embryon et donnent des érythroblastes ou des myéloblastes.

La métaplasie myéloïde de la rate, par exemple, n'est pas due à ce que le lymphoblaste des corpuscules de Malpighi se différencie en myélocytes, au lieu de se différencier en éléments lymphocytaires : elle provient de ce que les cellules adventitielles des gaines vasculaires de la pulpe produisent, comme chez l'embryon, du tissu myéloïde. La métaplasie myéloïde des ganglions lymphatiques, elle non plus, n'est pas d'origine folliculaire : la formation du tissu myéloïde débute dans les cordons et les sinus ; ce n'est que secondairement qu'elle atrophie les follicules.

Quant à la métaplasie lymphadénoïde de la moelle, elle ne s'explique pas, comme le veulent les unicistes, par un changement du mode de différenciation d'un myéloblaste polyvalent, mais par une prolifération émanant des follicules périvasculaires que l'on trouve normalement dans la moelle.

### 3. ANCIENNES THÉORIES UNICISTES

Les anciennes théories unicistes, qui n'ont fait en somme qu'adapter aux découvertes nouvelles la vieille conception de Virchow, font dériver globules rouges et globules blancs d'un unique élément, le *lymphocyte* ; elles admettent comme corollaire la présence dans le sang d'éléments encore capables de différenciation ultérieure.

La notion que les anciens unicistes (Weidenreich, Downey, Dominici, Maximov) se font du lymphocyte, diffère toutefois de la notion généralement admise. Au lieu de réserver ce nom au lymphocyte sanguin de la classification d'Ehrlich, ils l'appliquent à toutes les cellules lymphoïdes du sang et des organes hématopoïé-

tiques. Pour eux, lymphocytes et grands mononucléaires, lymphoblastes et myéloblastes des dualistes appartiennent tous à l'espèce lymphocytaire. Il n'y a pas là simple question de nomenclature, ainsi qu'on pourrait le croire tout d'abord, comme si l'on faisait du terme « lymphocyte » un synonyme de « cellule lymphoïde ». Les auteurs dont nous parlons estiment, en effet, que l'identité des caractères cytoplasmiques dans toutes les cellules lymphoïdes (basophilie ; absence de granulations spécifiques) autorise à rattacher tous ces éléments à une même espèce cellulaire. Les divers éléments diffèrent entre eux par la taille et par le rapport de volume entre cytoplasme et noyau ; mais, comme on trouve entre eux, à ce point de vue, toutes les transitions, comme d'autre part certaines de ces cellules (les lymphoblastes et les myéloblastes) sont, de l'avis unanime, des cellules indifférenciées, les unicistes trouvent logique de considérer tous les lymphocytes, même ceux du sang, comme des cellules indifférentes, capables de donner par simple division d'autres lymphocytes ou de se différencier en éléments granuleux ou hémoglobinifères.

Toutes les variétés de lymphocytes, provenant en fin de compte chez l'adulte du réticulum des organes hématopoïétiques, auraient la valeur de cellules migratrices au repos mobilisées ; aussi, le lymphocyte du sang, passé dans les tissus, serait-il capable de s'hypertrophier en clasmatocyte.

La théorie uniciste, ainsi définie, a été combattue par les dualistes, comme par les néo-monophylétistes. Ceux-ci ont fait remarquer qu'on ne connaît aucune forme de passage authentique entre les lymphocytes du sang et les leucocytes granuleux. Pappenheim a montré que la théorie de Loewit, qui croyait à la transformation dans le sang normal de lymphocytes en granulocytes, par l'intermédiaire des grands mononucléaires et des formes de transition d'Ehrlich, était absolument insoutenable,

comme aussi celle de Grawitz, qui admettait pareille dérivation dans certaines conditions spéciales.

L'absence de différenciation des lymphocytes dans le sang, malgré leur caractère d'indifférence, pouvait s'expliquer, à la rigueur, par le manque, dans ce milieu, de conditions humorales favorables. Aussi était-il indiqué de rechercher quel effet peut avoir une modification expérimentale du milieu. Maximov (1907) a repris dans ce but une expérience bien connue de Sacerdotti et Frattin. Ceux-ci avaient observé, après ligature de l'artère rénale, l'apparition dans le rein de tissu myéloïde et de tissu osseux. Or, Maximov prétend que le tissu myéloïde y ferait sa première apparition dans les vaisseaux ; il aurait vu les petits lymphocytes du sang s'hypertrophier en ces éléments volumineux qu'on retrouve dans tous les organes hématopoïétiques et qui, dans la moelle, se différencient en érythroblastes, myélocytes et mégacaryocytes. La migration hors des vaisseaux de ces divers éléments expliquerait l'existence du tissu myéloïde extravasculaire : le tissu conjonctif périvasculaire ne participerait en rien au phénomène. Maximov et Weidenreich placent d'ailleurs, d'une manière générale, à l'origine du tissu myéloïde qui se forme en dehors des organes hématopoïétiques, les lymphocytes du sang émigrés des vaisseaux. L'observation de Maximov semble à première vue décisive ; mais on peut se demander si, dans ce cas comme dans beaucoup d'autres, on n'a pas pris pour des lymphocytes des cellules lymphoïdes de tout autre valeur ; la question vaudrait la peine d'être reprise à la lumière des découvertes plus récentes.

Comme on ne possède aucune preuve directe d'une différenciation ultérieure des lymphocytes du sang, il semble bien risqué de soutenir leur caractère d'indifférence. Sans doute, leur cytoplasme ne contient pas de différenciation visible comme dans les granulocytes ; mais est-ce une raison suffisante pour les opposer aux autres

cellules sanguines, qui toutes sont au terme de leur différenciation ?

Les arguments morphologiques qu'invoquent les anciens unicistes pour identifier spécifiquement les diverses cellules lymphoïdes n'ont aucune valeur probante. Dans leurs sériations, il n'est tenu en effet aucun compte des structures nucléaires, dont l'importance est pourtant fondamentale, au point que Pappenheim les considérait comme le « blason » de la cellule.

### 4. THÉORIES NÉO UNICISTES

Les néo-unicistes sont d'accord avec l'ancienne tendance uniciste pour faire dériver d'une souche unique tous les éléments sanguins de l'adulte ; mais, à leurs yeux, cette cellule-souche n'est pas un lymphocyte. D'autre part, ils se rapprochent des néo-dualistes en considérant tous les éléments du sang normal — y compris les cellules lymphoïdes — comme des cellules définitivement différenciées, inaptes par conséquent à se transformer l'une dans l'autre et capables tout au plus de subir encore des modifications légères en rapport avec l'âge de la cellule ou avec un état fonctionnel particulier. Ces thèses ont été défendues entre autres par Pappenheim, Ferrata, Hirschfeld et Sabrazès. Les doctrines des deux premiers de ces auteurs ayant eu et conservant encore une autorité spéciale, méritent un exposé détaillé.

#### A. *Théorie de Pappenheim*

Jusqu'en 1914, Pappenheim, chef incontesté de l'école néo-uniciste, faisait dériver toutes les cellules du sang d'un unique élément, le *lymphoïdocyte*, morphologiquement semblable au myéloblaste de Naegeli et à l'hémocytoblaste de Ferrata (1).

(1) En réservant, bien entendu, la question des granules azurophiles.

Pour attribuer à cette cellule le rôle d'une hématogonie polyvalente, Pappenheim invoquait divers arguments. Il insistait d'abord sur le caractère indifférent de la structure nucléaire, également éloignée du type lymphocytaire et du type myélocytaire. Il faisait remarquer ensuite que le lymphoïdocyte ne se rencontre pas seulement dans la leucémie myéloïde, mais aussi dans certains cas de leucémie lymphatique. L'auteur concluait à la descendance vraisemblable des lymphocytes à partir de ce lymphoïdocyte.

D'après lui, le lymphoïdocyte pouvait évoluer dans cinq directions différentes, et devenir lymphérythroblaste, souche spécifique des hématies ; leucoblaste, souche spécifique des granulocytes ; macrolymphocyte, souche spécifique des lymphocytes ; monocyte ou mégacaryocyte.

Le *lymphérythroblaste*, que Pappenheim appelle encore hémoblaste lymphoïde et chromoblaste, possède dans un protoplasme basophile, un noyau typique d'érythroblaste, à structure radiaire. Il donne naissance aux globules rouges par l'intermédiaire des érythroblastes polychromatophiles et orthochromatiques.

Le *leucoblaste*, qui serait le premier stade de différenciation vers les granulocytes (leucocytes *stricto sensu*), posséderait déjà un noyau myélocytaire. Pappenheim admet en effet, comme premier signe de la différenciation du lymphoïdocyte en granulocytes, le passage de la structure nucléaire du type indifférent (réseau délicat) au type myélocytaire. Il n'attache aucune importance aux granulations azurophiles myéloïdes qui peuvent indifféremment être présentes ou faire défaut dans son leucoblaste comme dans son lymphoïdocyte. Dans le protoplasme basophile de ce leucoblaste, peuvent ensuite apparaître indifféremment des granulations neutrophiles ou des granulations éosinophiles. Les cellules qui se forment ainsi, à noyau myélocytaire, à protoplasme encore basophile contenant un certain nombre de granules

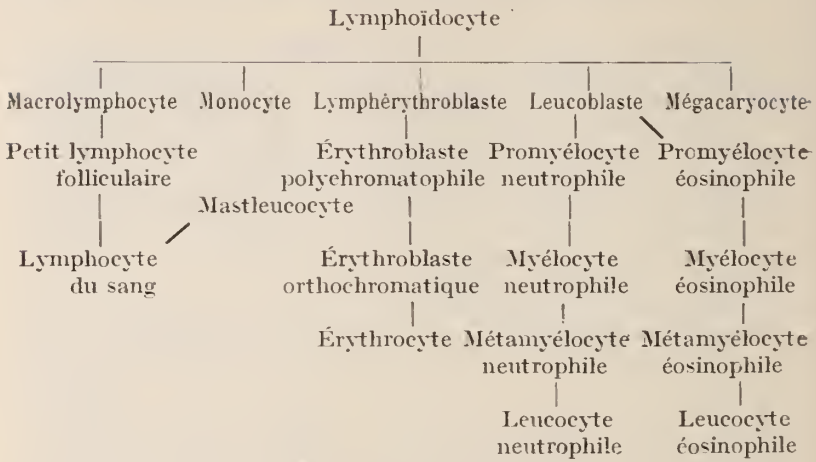
spécifiques, et qui peuvent renfermer en outre quelques granules azurophiles, représentent les promyélocytes de Pappenheim. Ils donneront les leucocytes neutrophiles et éosinophiles par l'intermédaire des myélocytes et des métamyélocytes. Quant aux mastleucocytes, Pappenheim les considère — à tort, nous l'avons vu — comme des lymphocytes dégénérés n'ayant rien de commun avec les autres granulocytes.

Le *macrolymphocyte*, qui est le grand lymphocyte du sang lymphémique et des centres germinatifs, correspond au lymphoblaste des dualistes : sa structure nucléaire est moins régulière que dans la cellule-souche. Il produit exclusivement les lymphocytes du sang, par l'intermédiaire des microlymphocytes folliculaires. L'auteur place, entre les macrolymphocytes et les petits lymphocytes folliculaires, les grands lymphocytes qu'on trouve normalement dans le sang de l'enfant : il les appelle mésolymphocytes.

Les *monocytes* n'ont, aux yeux de Pappenheim, aucune relation avec les lymphocytes ou les granulocytes. Ils dérivent directement du lymphoïdocyte, indépendamment des deux types cellulaires que nous venons de citer. Les monocytes mûrs du sang normal doivent être distingués soigneusement de certaines formes vieillies que présentent à l'état pathologique aussi bien les macrolymphocytes (lymphomonocytes) que les leucoblastes (myélomonocytes). La ressemblance est assez grande entre ces formes et les monocytes ; mais ces derniers seuls sont entièrement différenciés.

En ce qui concerne les *mégacaryocytes*, Pappenheim ne fait qu'indiquer leur origine aux dépens du lymphoïdocyte, sans fournir d'arguments pour appuyer son opinion.

La théorie de Pappenheim est résumée dans le schéma suivant :



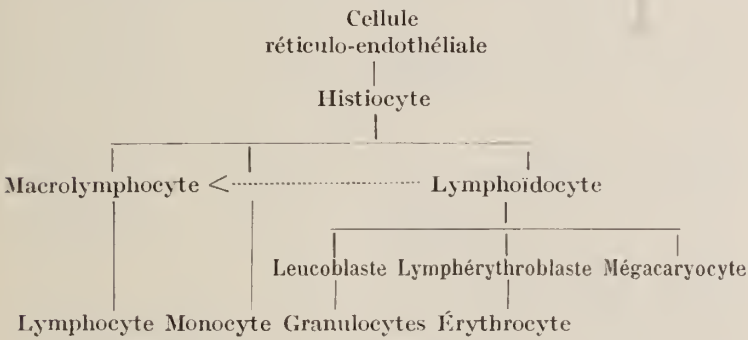

Dans ses derniers travaux, publiés en partie après sa mort (1), Pappenheim a modifié considérablement sa manière de voir sur la nature de la cellule-souche et sur la dérivation des monocytes.

Ayant reconnu que, dans la vie postembryonnaire, le lymphoïdocyte n'existe normalement qu'au sein du tissu myéloïde, Pappenheim renonce à en faire la souche des lymphocytes, au moins chez l'adulte normal. Le macrolymphocyte ne dériverait pas du lymphoïdocyte, mais proviendrait, comme le lymphoïdocyte lui-même, d'une cellule conjonctive à caractères embryonnaires, l'histiocyte chromophile d'Aschoff, correspondant aux clasmatocytes ou à la cellule migratrice au repos de Maximov, et qui est, dans les organes hématopoïétiques, une cellule réticulo-endothéliale (histioblaste) mobilisée. Il se pourrait toutefois encore que, dans la vie embryonnaire et dans les cas pathologiques, le lymphoïdocyte donne naissance à des macrolymphocytes : ainsi se trouverait expli-

(1) A. Pappenheim, *Prinzipien der neueren morphologischen Hämozytologie nach zytogenetischer Grundlage* ; — id., *Ueber die Wandlung des Lymphoidozytenbegriffs und der Blutstammzellen*, Fol. Haemat., 21, 1917.

quée la présence des lymphoïdocytes dans les ganglions et le sang de certaines leucémies lymphatiques.

En outre, à la suite des recherches de l'école d'Aschoff, Pappenheim ne fait plus dériver les monocytes du lymphoïdocyte, mais directement de l'histiocyte. Cette nouvelle théorie peut être figurée comme suit :




Dans cette nouvelle théorie, comme on peut s'en rendre compte, le lymphoïdocyte est réduit au simple rang de myélogonie, c'est-à-dire de cellule-souche polyvalente des éléments myéloïdes, tandis que le rôle d'hématogonie, c'est-à-dire de cellule-souche polyvalente de tous les éléments du sang, est attribué à l'histiocyte chromophile. Bien que Pappenheim continue à se dire monophylétiste, c'est une concession fondamentale faite au néo-dualisme, puisqu'il renonce à trouver en dehors des cellules conjonctives la souche des éléments du sang. Pappenheim se sépare cependant de Naegeli en attribuant au lymphoïdocyte une valeur supérieure à celle d'un simple myéloblaste, souche exclusive de granulocytes.

### B. *Théorie de Ferrata*

La théorie de Ferrata ressemble, dans ses grandes lignes, à celle que Pappenheim a soutenue jusqu'en 1914 ; elle la précise et la rectifie de façon heureuse en plusieurs points. C'est d'après Ferrata, on se le rappelle, que nous

avons décrit l'évolution des cellules sanguines ; nous pourrons donc être assez bref dans l'exposé de sa théorie.

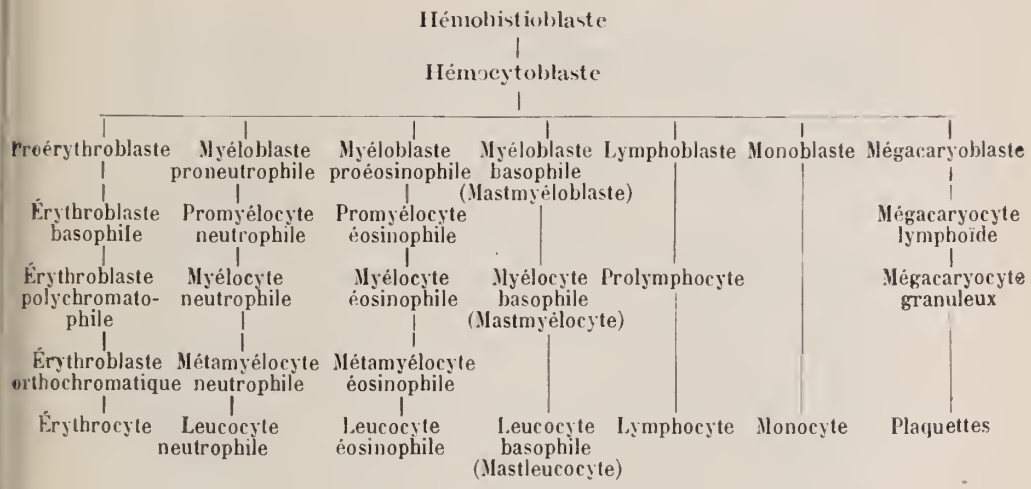
Toutes les cellules du sang de l'adulte, comme celles du sang de l'embryon à partir de la période hépatique, dérivent d'un unique élément, l'*hémocytoblaste*. Celui-ci est ubiquitaire, présent dans la moelle osseuse comme dans les centres germinatifs des ganglions. La plupart des hémocytoblastes proviennent de la division d'hémocytoblastes préexistants ; mais il s'en forme un certain nombre, même chez l'adulte normal, par la transformation des cellules réticulaires de la moelle et des follicules, la transformation comportant vraisemblablement un accroissement de densité du cytoplasme et le rejet de certains fragments protoplasmiques par un phénomène de clasmatose. Ferrata admet qu'il existe dans les organes hématopoïétiques normaux un certain nombre de formes intermédiaires entre les hémohistioblastes chromophiles et les hémocytoblastes chromophobes. Il est d'accord en principe sur cette participation normale d'éléments conjonctifs à la régénération des parenchymes, avec Marchand, Weidenreich et Maximov (1).

L'hémocytoblaste peut se différencier suivant sept directions différentes et se transformer en proérythroblaste ; myéloblastes proneutrophile, proéosinophile et basophile ; lymphoblaste ; monoblaste ou mégacaryoblaste : telles sont les souches spécifiques des hématies, des trois espèces de granulocytes, des lymphocytes, des monocytes et des plaquettes.

Ces filiations peuvent être représentées par le schéma suivant *(Voir page* 391*)*.

La découverte du proérythroblaste, cellule qui a déjà acquis l'intense basophilie cytoplasmique de l'érythroblaste basophile, mais qui possède encore des nucléoles

(1) Photakis, un élève de Orth, a contredit cette opinion en ce qui concerne la moelle (1915).




et une structure nucléaire intermédiaire entre celles de l'hémocytoblaste et de l'érythroblaste basophile, comble heureusement une lacune dans la sériation de Pappenheim qui passait brusquement du lymphoïdocyte au lymphérythroblaste.

En ce qui concerne les *leucocytes granuleux*, Ferrata remet d'abord les mastleucocytes à leur place véritable. Il diffère en outre, sur un point important, de Pappenheim. Ce dernier admettait l'existence d'un leucoblaste différencié dans le sens granulocytaire, mais pouvant indifféremment donner des leucocytes neutrophiles ou éosinophiles ; Ferrata considère que l'hémocytoblaste se différencie directement vers l'une des trois espèces de granulocytes. Le premier indice de la différenciation est, à ses yeux, l'élaboration de granulations azurophiles myéloïdes (petites et nombreuses dans les myéloblastes proneutrophiles ; plus grandes et plus rares dans les myéloblastes proéosinophiles) ou de granulations basophiles (dans les mastmyéloblastes). Les modifications nucléaires sont tardives et le noyau n'acquiert le type myélocytaire qu'à la fin du stade de promyélocyte. Pour Pappenheim, le sort définitif de la cellule n'était fixé qu'avec l'apparition de

granulations spécifiques neutrophiles ou éosinophiles. D'après Ferrata, il est possible de prévoir ce sort beaucoup plus tôt, par l'observation de la morphologie des granules azurophiles.

Pappenheim et Ferrata sont d'accord sur la filiation des *lymphocytes* : le lymphoblaste de Ferrata correspond au macrolymphocyte de Pappenheim ; le petit lymphocyte des follicules, né des divisions répétées du précédent, est désigné par Ferrata sous le nom de prolymphocyte. Il importe de noter ici que Ferrata est beaucoup plus catégorique que Pappenheim sur la présence, dans les centres germinatifs des follicules lymphatiques, d'une cellule dont la morphologie est identique à celle du myéloblaste de Naegeli : nous savons que Pappenheim a fini par nier ce fait.

Entre l'hémocytoblaste et le *monocyte*, Ferrata place son monoblaste, dont nous avons vu la morphologie et qui se trouverait dans les tissus myéloïde et lymphadénoïde ainsi que dans la pulpe splénique.

Quant au développement du *mégacaryocyte*, Ferrata l'a étudié d'une manière particulière ; il le rattache, par l'intermédiaire du mégacaryoblaste, à l'hémocytoblaste médullaire.

Si Ferrata soutient, contre les dualistes, que les deux parenchymes myéloïde et lymphadénoïde dérivent d'un élément ubiquitaire, l'hémocytoblaste, il reconnaît toutefois le dualisme fonctionnel des deux tissus ; les monocytes mis à part, le tissu lymphadénoïde produit uniquement des lymphocytes, le tissu myéloïde, des érythrocytes et des granulocytes.

Des recherches assez récentes de l'auteur l'ont même conduit à admettre avec Naegeli que ce dualisme persisterait dans les cas pathologiques, le parenchyme myéloïde ne devenant jamais capable de produire des lymphocytes, pas plus que le parenchyme lymphadénoïde ne devient

susceptible de donner des myélocytes et des érythroblastes. La métaplasie myéloïde des ganglions, par exemple, aurait son origine dans les hémohistioblastes interfolliculaires et ne s'expliquerait nullement par la transformation myéloïde du follicule.

Dans la première conception de Ferrata, les hémocytoblastes du tissu lymphadénoïde et du tissu myéloïde étaient considérés comme identiques, non seulement dans leur morphologie et dans leur origine, mais dans leurs potentialités ; à l'hémocytoblaste des ganglions, bien qu'il ne produise normalement que des lymphocytes, Ferrata reconnaissait l'aptitude à produire, sous une influence pathologique, des érythrocytes et des granulocytes ; de même, l'hémocytoblaste médullaire, qui normalement ne fournit que des érythrocytes, des granulocytes et des mégacaryocytes, garderait la capacité de fournir des lymphocytes.

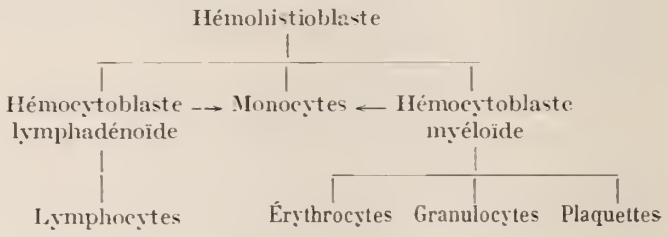
La nouvelle conception admet toujours l'identité morphologique et génétique de l'hémocytoblaste lymphoïde et de l'hémocytoblaste myéloïde, mais elle leur attribue des potentialités différentes, l'hémocytoblaste lymphadénoïde ne produisant jamais que des lymphocytes et l'hémocytoblaste myéloïde ne donnant que des érythrocytes, des granulocytes et des mégacaryocytes.

Quant aux monocytes, Ferrata a été conduit à admettre, à côté de l'ancienne dérivation à partir de l'hémocytoblaste médullaire et lymphadénoïde par l'intermédiaire du monoblaste, une dérivation partielle à partir de l'hémohistioblaste. Dans un travail postérieur à la publication de son traité, il a montré, en collaboration avec Negreiros-Rinaldi (1), qu'il se forme des monocytes aux dépens de cellules réticulaires et endothéliales dans la rate des malades atteints de malaria, affection précisément carac-

(1) Ferrata et Negreiros-Rinaldi : *Emoistioblasti e monociti nella milza malarica*, Haem., I, 1920.

térisée par un accroissement du nombre de monocytes dans le sang. En se libérant, endothèles et cellules réticulaires se transforment d'abord en macrophages d'aspect clasmatocytaire ayant encore la valeur d'hémohistioblastes ; le noyau perdant ensuite ses nucléoles et sa structure devenant moins homogène, tandis que le protoplasme se réduit par densification et par clasmatose, la cellule se transforme en un monocyte absolument comparable à ceux du sang circulant.

Ferrata est ainsi amené à faire de l'hémohistioblaste, cellule conjonctive à caractères embryonnaires, la véritable souche polyvalente de tous les éléments du sang, produisant d'une part les parenchymes hématopoïétiques, et de l'autre, directement, certains monocytes, d'après le schéma suivant (1).




5. CONCLUSIONS

De la confrontation des diverses théories se dégage l'impression générale que si l'*évolution* des cellules san-

(1) La théorie récemment exposée par Sabrazès (*) tient à la fois de cette conception, et de la dernière théorie de Pappenheim. L'auteur, qui se déclare uniciste, met à l'origine de toutes les cellules sanguines l'histohématocyte : cette cellule mésenchymale donne naissance à des cellules spéciales, les histiocytes leucocytoïdes clasmatocytaires, correspondant, comme la forme précédente, aux hémohistioblastes de Ferrata. Ces histiocytes produisent, suivant les incitations, soit les monocytes, soit les lymphoblastes d'où

(*) J. Sabrazès, *Signification pathologique des formes anormales des globules blancs du sang*. RAPPORT PRÉSENTÉ AU 16me CONGRÈS FRANÇAIS DE MÉDECINE, Paris, 1922.

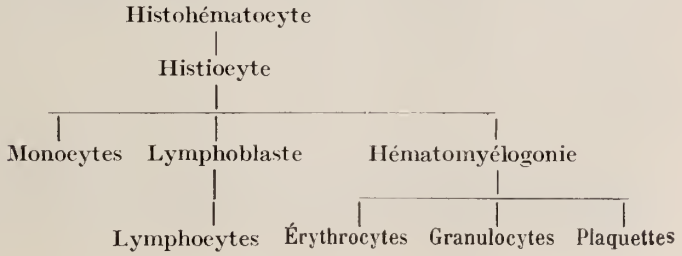
guines est relativement bien connue et n'offre plus aujourd'hui qu'un petit nombre de questions à élucider, nos connaissances sont encore imprécises en ce qui concerne l'*origine première* des diverses lignées cellulaires.

Nous allons passer rapidement en revue les points acquis et les problèmes qui restent à résoudre, à propos de chacune de ces lignées. Nous dirons ensuite en quels termes se pose aujourd'hui la question de la cellule-souche et de quelles données nous disposons pour y répondre. Nous verrons que, malgré ces lacunes, nous pouvons dès maintenant nous former une idée générale de ce qu'est le système hématopoïétique et de la valeur comparée du parenchyme myéloïde, du parenchyme lymphadénoïde et du tissu conjonctif.

1. *Les globules rouges et les plaquettes.*

Les globules rouges proviennent d'érythroblastes hémoglobinifères et ceux-ci continuent sans nul doute, chez l'adulte, à se former aux dépens d'érythroblastes basophiles à noyau dépourvu de nucléoles : tout le monde l'admet aujourd'hui. On n'est pas aussi bien fixé sur le point de savoir d'où viennent ces érythroblastes basophiles. Représentent-ils chez l'adulte normal, comme le prétend Naegeli, la cellule-souche primitive du système érythropoïétique, dont la production aux dépens de cellules

dérivent les lymphocytes, soit l'hématomyélogonie, morphologiquement semblable à l'hémocytoblaste, mère des diverses souches spécifiques des lignées médullaires (myéloblastes, érythroblastes, mégacaryoblastes). D'où le schéma d. Sabrazès :



adventitielles ne se réaliserait plus en dehors des cas pathologiques ? Ou bien, suivant l'opinion soutenue entre autres par Pappenheim et Ferrata, dérivent-ils de l'hémocytoblaste? La transition souhaitée entre l'hémocytoblaste et les érythroblastes basophiles semble bien se trouver dans les proérythroblastes découverts dans la suite ; la connaissance de ces éléments a conféré un degré bien plus grand de probabilité à la thèse qui fait de l'hémocytoblaste la souche commune des hématies et des granulocytes. Le problème ne doit cependant pas être considéré comme entièrement résolu, car il se peut qu'on soit amené à placer les proérythroblastes entre les érythroblastes basophiles et les hémohistioblastes.

Les plaquettes proviennent vraisemblablement des mégacaryocytes, mais l'origine de ceux-ci est moins élucidée encore que celle des érythroblastes basophiles. Il faut avouer qu'on a souvent résolu la question par voie d'analogie, en étendant aux mégacaryocytes ce qu'on admettait pour les érythroblastes ; Naegeli, dérivant les mégacaryocytes de cellules conjonctives ; Ferrata, Pappenheim et d'autres les faisant venir de l'hémocytoblaste. Dans l'état actuel de nos connaissances, ces deux opinions sont également vraisemblables.

2. *Les granulocytes.*

Il est établi que les trois espèces de granulocytes dérivent, par l'intermédiaire de la série des myélocytes, d'un hémocytoblaste lymphoïde à noyau finement structuré. Il règne cependant encore quelques incertitudes sur les débuts de leur différenciation.

Nous avons vu, dans la première partie, ce qu'il faut penser de la nature des granulations azurophiles myéloïdes. Mais il existe un autre sujet de litige entre hématologistes.

Naegeli et Ferrata admettent que l'hémocytoblaste (myéloblaste) se différencie directement dans le sens de l'une des trois lignées granulocytaires. Pappenheim pré-

tend au contraire que la bifurcation se produit à un stade plus tardif : son lymphoïdocyte se différencierait d'abord en leucoblaste à noyau myélocytaire et ce serait celui-ci qui, par l'apparition d'une des granulations spécifiques, se transformerait en promyélocyte.

Les faits montrent qu'au moins dans la grande majorité des cas, la différenciation cytoplasmique précède la différenciation nucléaire et que l'on peut trouver un noyau se rapprochant du type hémocytoblastique dans des promyélocytes qui possèdent déjà des granulations spécifiques. La rareté des cellules non granuleuses à noyau myélocytaire décrites par Pappenheim, jointe au fait que nous venons de citer, rend insoutenable l'idée que l'évolution granulocytaire devrait nécessairement passer par cette phase.

Mais on peut se demander si, au moins dans certains cas,une accélération de la différenciation nucléaire n'aboutit pas à la production de cette forme. Aquino (1) l'a supposé et, jusqu'à preuve du contraire, nous nous rallierons à cette opinion, qui concilie heureusement des affirmations opposées (2).

3. *Les monocytes.*

Nombre de théories contradictoires ont été émises, nous l'avons vu, sur l'origine des monocytes ; beaucoup d'entre elles ont encore aujourd'hui leurs partisans.

L'assimilation des monocytes aux lymphocytes était soutenable au temps où les méthodes employées ne mettaient pas en évidence avec assez de finesse les structures nucléaires des divers éléments. Mais actuellement les théories le plus en faveur sont celles de la nature myéloïde des monocytes (Naegeli), celle de leur origine

(1) Aquino, *Proleucoblastes*, C. R. Soc. Biol., 1922.

(2) Il est possible aussi que le leucoblaste de Pappenheim appartienne en réalité à la lignée monocytaire et n'ait aucune relation génétique avec les granulocytes.

histiocytaire (Aschoff, Pappenheim) et celle de leur origine mixte, hémocytoblastique et hémohistioblastique (Ferrata).

Pour rapprocher les monocytes des granulocytes et les faire dériver, comme eux, de son myéloblaste, Naegeli invoque :

1° L'apparition dans tous les monocytes, après coloration suffisante, de fins granules qu'il considère comme représentant une granulation spécifique particulière.

2° Le fait que la réaction des oxydases y serait positive, comme dans les éléments myéloïdes et à l'opposé des lymphocytes.

3° Leur abondance dans la moelle osseuse et la présence, dans cet organe, de formes jeunes.

4° L'existence, dans les cas pathologiques, d'un certain parallélisme entre les variations des monocytes et celles des éléments myéloïdes. Naegeli cite le cas d'une leucémie à monocytes qui s'est transformée en leucémie à myéloblastes.

5° L'absence de preuves en faveur d'une origine splénique ; la veine splénique contient moins de monocytes que l'artère, les monocytes étant retenus dans la rate comme par un filtre.

6° L'absence de monocytes dans le canal thoracique, constatée par Lejeune et qui est un argument contre une origine ganglionnaire ; Crescenti et Banti ont d'ailleurs montré que si l'on note, après ligature ou fistule du canal thoracique, une forte diminution des lymphocytes, il se présente des cas où l'on observe une augmentation en nombre des monocytes.

Cet ensemble d'arguments fait impression ; mais tous ne sont pas indiscutables.

Nous avons vu, en effet, qu'on n'est pas unanime à admettre l'existence de granules dans tous les monocytes et qu'on considère en général ceux qu'on y trouve comme

ayant la valeur de granulations azurophiles dont la présence est absolument facultative.

La réaction des oxydases n'est pas non plus constamment positive ; Schilling et Schlenner ont même prétendu qu'elle était négative ; Popper (1) trouve des granulations de ferment mais moins nombreuses que dans les polynucléaires. Si la présence des monocytes dans la moelle est certaine, on doit noter que Ferrata en a rencontré, ainsi que des monoblastes, dans les ganglions lymphatiques et dans la rate.

Les partisans de l'origine histiocytaire invoquent de leur côté les expériences d'Aschoff et Kiyono, qui ont montré l'existence d'éléments monocytoïdes encore chromophiles dans le sang veineux de la rate, du foie et des extrémités ; ceci plaide évidemment en faveur de l'hypothèse qui les fait provenir d'histiocytes chromophiles de la rate, du foie et de la moelle.

Nous avons vu, en outre, que Ferrata et Negreiros-Rinaldi ont récemment décrit en détail la transformation des éléments réticulo-endothéliaux de la rate en monocytes, par l'intermédiaire de macrophages histiocytaires.

Ce sont les expériences d'Aschoff, et ensuite ses observations personnelles qui ont conduit Ferrata à admettre pour les monocytes, à côté de l'origine hémocytoblastique par l'intermédiaire du monoblaste, considérée anciennement par lui comme exclusive, une descendance directe à partir de l'hémohistioblaste.

Actuellement, l'opinion paraît s'orienter de plus en plus vers la théorie de l'origine histiocytaire, bien que la thèse de Naegeli ait encore pour elle certains arguments ; dans tous les cas, il semble difficile d'admettre diverses origines pour un même élément.

(1) M. Popper, *Contribution à l'étude des ferments oxydants dans les leucocytes*, C. R. Soc. Biol., 1922.

4. *Les lymphocytes.*

Peu d'hématologistes considèrent encore aujourd'hui les lymphocytes comme des éléments indifférenciés, capables d'une évolution ultérieure : on s'accorde de plus en plus à les comprendre de la même manière que les autres globules blancs et à nier, aussi bien que la transformation directe en granulocytes des lymphocytes du sang et des organes hématopoïetiques, la possibilité d'une dédifférenciation en clasmatocytes des lymphocytes émigrés dans le tissu conjonctif.

Pour ce qui concerne leur filiation, il est généralement admis que les lymphocytes du sang proviennent des grandes cellules des centres germinatifs par l'intermédiaire du petit lymphocyte folliculaire, mais il est plus difficile de connaître la signification et l'origine de la cellule des centres germinatifs.

D'une manière générale, les unicistes (Weidenreich, Maximov, Downey, Ferrata) l'identifient morphologiquement à la cellule-souche de la moelle, tandis que les dualistes (Naegeli, Schridde) distinguent les deux éléments, en considération de divers critères morphologiques. Toutefois des dualistes comme Wolff, Türk et Foa, ont admis leur identité morphologique, et on a vu des unicistes comme Pappenheim finir par la combattre.

Il est actuellement démontré que la plupart des critères invoqués en faveur de la distinction des deux cellules n'ont aucune valeur. Les contestations sont plus sérieuses en ce qui concerne la structure nucléaire. Chose certaine, dans beaucoup de grandes cellules du ganglion (les lymphoblastes de Ferrata), la structure nucléaire est moins régulière que dans l'hémocytoblaste de la moelle ; mais si la présence dans le centre germinatif de cellules morphologiquement identiques à l'hémocytoblaste médullaire est admise par les uns (Ferrata), elle est encore niée par les autres (Pappenheim, Naegeli).

La question de l'identité morphologique du lympho-

blaste et du myéloblaste, sur laquelle s'est longtemps concentrée la querelle de l'unicisme et du dualisme, a d'ailleurs perdu beaucoup de son importance ancienne, depuis que certains unicistes (Ferrata) reconnaissent, avec les dualistes de la tendance Wolff-Foa, que la ressemblance serait purement morphologique et n'empêcherait pas les cellules de posséder des potentialités différentes ; depuis aussi que divers dualistes (Naegeli, Schridde) ont été amenés à considérer le lymphoblaste comme l'origine directe des lymphocytes du sang et comme provenant lui-même du petit lymphocyte folliculaire.

5. *La cellule-souche.*

Le problème de la cellule-souche n'a pas toujours été posé, semble-t-il, avec toute la netteté désirable.

On définit souvent la thèse uniciste en disant qu'elle admet l'existence d'une souche unique à l'origine de tous les éléments sanguins, tandis que la thèse dualiste aurait comme caractère d'admettre plusieurs souches, dont deux pour les leucocytes. Il y a un manque de précision dans cette façon d'opposer les deux doctrines. Les dualistes, en effet, sont forcés d'admettre en un sens très vrai, et sans remonter jusqu'à l'œuf, une souche unique des éléments sanguins, à savoir une cellule fort primitive du mésenchyme. Aussi le problème de la cellule-souche doit-il être, à notre avis, posé pour l'adulte normal.

Il faut se demander si, oui ou non, il existe chez celui-ci une souche commune à tous les éléments du sang.

Pour répondre affirmativement à cette question, il faut d'abord que l'on trouve, à la base de toutes les séries de différenciation, des cellules morphologiquement semblables ; il faut ensuite que ces cellules soient fonctionnellement polyvalentes, c'est-à-dire qu'elles soient capables de produire tous les éléments du sang, si pas normalement, du moins dans des conditions pathologiques. Si ces deux conditions sont réalisées, il importe peu que les cellules-

souches soient les parenchymateuses rondes ou les conjonctives : dans les deux cas, on vérifie la thèse monophylétiste.

Ces principes posés, le type de la théorie polyphylétiste est l'ancienne théorie d'Ehrlich, qui n'admettait pas moins de six cellules-souches pour les globules rouges et les globules blancs de l'adulte. Est au contraire monophylétiste celle de Weidenreich et Maximov, qui met le lymphocyte à l'origine de toutes les cellules du sang. Naegeli, bien qu'admettant un nombre de souches plus restreint qu'Ehrlich (érythroblaste, myéloblaste, lymphocyte folliculaire), reste polyphylétiste. Les théories de Pappenheim et de Ferrata sont monophylétistes, puisqu'elles considèrent comme souche unique des éléments sanguins, dans leur forme primitive, le lymphoïdocyte ou hémocytoblaste et, dans leur forme modifiée, un histiocyte ou hémohistioblaste.

Les divergences de vues ont été, comme on le voit, en s'atténuant ; la théorie de Naegeli et la dernière formule monophylétiste ne diffèrent plus, à ce point de vue, qu'en ceci : les néo-monophylétistes reconnaissent à l'état normal une souche conjonctive polyvalente ; pour les néo-dualistes, au contraire, les lignées isolées se régénèrent chacune pour leur propre compte, la cellule conjonctive ne se différenciant suivant le type de l'embryogénèse que dans certains cas pathologiques.

La vérité se trouve-t-elle dans le monophylétisme ou le polyphylétisme ? La réponse à cette question ne peut être définitive.

Certaines solutions du problème paraissent devoir être éliminées : tel l'extrême polyphylétisme d'Ehrlich ; il ne tient pas compte des cellules lymphoïdes du parenchyme myéloïde et de leur transformation en éléments granuleux. Telle aussi la théorie qui place dans le lymphocyte l'origine de tous les éléments sanguins ; nous avons vu que les cellules les moins différenciées du parenchyme myéloïde,

bien qu'appartenant au type lymphoïde à protoplasme basophile, ne présentent aucun caractère lymphocytaire.

Peut-on considérer comme cellule-souche commune aux deux parenchymes hématopoïétiques, une cellule lymphoïde non lymphocytaire (hémocytoblaste, lymphoïdocyte), ainsi que l'ont fait Pappenheim et Ferrata ? Cette théorie est sujette à plusieurs objections : 1° On sait que Pappenheim lui-même, d'accord en cela avec Naegeli, a reconnu l'absence de son lymphoïdocyte dans les ganglions lymphatiques normaux ; dès lors, comment reste-t-il possible qu'une cellule de ce genre soit la souche normale de tous les éléments du sang ? 2° Si Ferrata admet l'existence ubiquitaire de son hémocytoblaste, il n'en a pas moins été amené, par ses recherches sur la métaplasie myéloïde, à leur refuser le caractère de polyvalence, la métaplasie myéloïde des ganglions ayant pour origine, comme le soutenait Naegeli, les éléments conjonctifs interfolliculaires, et l'hémocytoblaste lymphadénoïde ne se différenciant jamais en granulocytes. Si ces faits se trouvent confirmés, on sera évidemment conduit, soit à un polyphylétisme ressemblant à celui de Naegeli (peut-être modifié en ce qui concerne l'origine des globules rouges et des monocytes), soit à un monophylétisme faisant de l'hémohistioblaste et de ses adaptations fonctionnelles réversibles la souche unique polyvalente des éléments sanguins.

Ce qui doit décider entre les deux théories en présence, c'est l'existence, dans les organes hématopoïétiques normaux, de formes de transition entre les éléments réticulo-endothéliaux et les cellules-souches parenchymateuses. Or ce point est un de ceux sur lesquels nos connaissances sont le moins approfondies. Weidenreich et Downey ont cependant décrit la participation du réticulum à la formation des grands lymphocytes ganglionnaires ; et Ferrata, quoique le fait ait été nié par Photakis, affirme

l'existence de formes transitionnelles entre les cellules réticulaires de la moelle et les hémocytoblastes.

Bien que ces données soient insuffisantes pour permettre de trancher la question, nous pouvons, semble-t-il, admettre que la participation des éléments conjonctifs à la régénération des parenchymes, qui se réalise dans la vie embryonnaire et reprend à coup sûr dans les cas pathologiques, persiste normalement chez l'adulte d'une manière discrète.

6. *Le plan du système hématopoïétique.*

Alors que les termes de monophylétisme et de polyphylétisme reflètent les idées des auteurs sur la filiation des cellules sanguines, les termes d'unicisme et de dualisme doivent plutôt servir à traduire leur conception du plan général de l'hématopoïèse.

Les *dualistes*, à la suite d'Ehrlich, appellent spécialement l'attention sur la spécificité et l'indépendance des deux parenchymes hématopoïétiques (1); les *unicistes* au contraire admettent l'unité fondamentale du système hématopoïétique. Ici encore, la différence qui était grande entre les dualistes dans le sens d'Ehrlich et les unicistes dans le sens de Weidenreich-Maximov, est allée en s'atténuant : les dualistes ont admis la formation pathologique de tissu myéloïde en dehors de la moelle à partir d'éléments conjonctifs : les unicistes, de leur côté, ont en général abandonné leur ancienne conception d'un système lymphatique primitif et ubiquitaire, produisant secondairement, dans la moelle des myélocytes et des érythrocytes : ils admettent actuellement que le parenchyme myéloïde et le parenchyme lymphadénoïde sont deux productions secondaires indépendantes, issues d'un tissu hématopoïétique diffus, le tissu hémohistioblastique de

(1) Aschoff, qui est trialiste, admet, à côté des deux parenchymes, l'existence d'un système réticulo-endothélial indépendant, producteur de monocytes.

Ferrata ; l'unité du système hématopoïétique se trouverait maintenue par la subordination des parenchymes spécifiques à ce tissu.

C'est cette dernière opinion qui se concilie le plus aisément avec les données de l'histologie normale et comparée, de l'embryologie et de la pathologie.

L'assertion fréquemment répétée que le tissu lymphadénoïde est primitif et le tissu myéloïde secondaire, s'accorde difficilement avec le fait que les premiers organes hématopoïétiques de l'embryon des mammifères sont myéloïdes et que les lymphocytes vrais manquent dans le sang à la période prémédullaire. Mais si le tissu myéloïde apparaît chez les vertébrés supérieurs avant le tissu lymphadénoïde, il ne faut pas pour cela le considérer comme une formation primitive. Il ne l'est ni phylogénétiquement, ni ontogénétiquement ; il ne l'est pas ontogénétiquement, car il n'apparaît qu'avec la période hépatique, quand il y a déjà des globules sanguins ; il ne l'est pas non plus phylogénétiquement, car les vertébrés supérieurs possèdent seuls des organes qui produisent exclusivement des hématies et des granulocytes.

Toutes les données acquises nous conduisent au contraire à considérer le tissu conjonctif général comme le tissu hématopoïétique primordial. Au cours du développement embryonnaire, c'est la cellule mésenchymale qui donne les cellules primitives du sang et les mégalocytes, à un stade où les parenchymes spécifiques n'existent pas encore ; c'est elle qui se trouve à l'origine du tissu myéloïde et du tissu lymphadénoïde partout où ils se forment. Il en est de même au cours du développement phylogénétique. Chez les invertébrés et les vertébrés inférieurs, le tissu conjonctif produit indifféremment cellules lymphoïdes et cellules granuleuses, ces éléments restant dans les tissus ou passant dans le sang. Là où cette production est particulièrement intense, il y a formation d'or-

ganes hématopoïétiques localisés, dans lesquels se développent, en général côte à côte, éléments lymphoïdes et granuleux. Mais c'est uniquement chez les vertébrés supérieurs qu'il y a formation de deux parenchymes spécifiques, spécialisés l'un dans la production des lymphocytes, l'autre dans celle des hématies et des leucocytes granuleux.

PAUL LAMBIN.

---

# Les grands problèmes monétaires. Stabilisation et dévaluation

## I. POSITION DU PROBLÈME

La dépréciation et l'instabilité monétaires constituent probablement les obstacles les plus apparents au rétablissement complet des relations économiques entre les nations. Les Anglais nous l'ont assez dit. Et chose curieuse, déconcertante même au premier abord, l'Europe semble souffrir davantage de l'instabilité que de la dépréciation. Mais il ne faut pas aller loin pour se rendre compte du désarroi que causent les sautes brusques du change ; il suffit de voir comment la crise de novembre 1922 et celle qui accompagna l'occupation de la Ruhr désorganisèrent, affolèrent les marchés belges, pour comprendre à quel point hommes d'État et hommes d'affaires aspirent à être libérés de cette angoisse.

A l'intérieur du pays, chaque modification dans l'allure des changes amène de larges variations du coût de la vie. Les salaires doivent être revisés ; grèves et lock-out alternent. L'exportation ne profite même plus de la hausse du dollar, car l'industrie n'ose plus assurer des fournitures dont elle ignore le prix de revient. La production subit un ralentissement, du fait que l'acheteur s'abstient, jugeant passagère cette élévation de prix. L'opinion publique s'exaspère et commet souvent des injustices. L'ordre social est moins assuré.

L'instabilité est plus grave que la dépréciation, c'est

un fait évident. Mais l'une ne fait pas complètement oublier l'autre. Les finances publiques et les finances privées sont de plus en plus éprouvées par un provisoire qui compromet singulièrement l'avenir. L'État s'endette chaque jour davantage : pourra-t-il faire face à ses engagements si le franc remonte au pair ? Le particulier n'est pas moins excédé d'un tel état de choses : pourquoi bâtir un immeuble s'il doit un jour perdre la moitié ou les trois quarts de sa valeur ?

Une idée naît ainsi, elle se propage, d'abord insidieusement, puis au grand jour : stabilisons notre franc, donnons-lui une valeur définitive, dût-elle consacrer la dépréciation actuelle. C'est la dévaluation pure, simple, immédiate.

Avant d'examiner la moralité et la possibilité d'une telle solution, il convient d'établir d'abord le point de départ : quelle est aujourd'hui la valeur du franc ? Cette valeur accuse-t-elle, depuis trois ans, une tendance à la hausse ou à la baisse ? Beaucoup répondent que notre franc baisse continuellement ; ils constatent que la livre sterling, partie de 50 francs, coûte 85 ou 90 francs à Bruxelles, et arrêtent là leurs recherches. De fait, il y a eu baisse, mais bien moindre qu'on ne se l'imagine. La livre ne peut servir de mesure, car elle a varié ; en baisse elle-même, elle a récupéré la plus grande partie de sa perte sur l'or. Ceci a fait monter son cours sans que le franc ait baissé.

Jusqu'au début de novembre 1922, la valeur-or du franc belge était demeurée assez stable. Elle avait connu un premier minimum de 33 % en avril 1920, lors de l'occupation de Francfort par les troupes franco-belges. Depuis, elle avait varié entre 32 et 46 %, parcourant chaque année un cycle saisonnier ; en mai, juin et juillet le franc valait de 43 à 47 centimes-or, mais il tombait à 30 ou 35 centimes à la fin de l'année. A part une crise de quelques jours en novembre 1922, il n'y eut

rien de bien anormal jusqu'au commencement de janvier 1923. Le dollar valait 15 francs, ce qui correspond pour notre franc à une valeur-or de 35 centimes. C'est alors que survint la rupture à la Conférence de Paris, et l'occupation de la Ruhr ; la spéculation américaine nous retirant ses crédits, le dollar frôla les vingt francs, et le franc belge ne valut plus que 26 centimes.

Telles sont les variations de la valeur de notre monnaie. Elles n'ont pas l'ampleur que beaucoup leur attribuent, mais elles demeurent sérieuses. Nous pouvons maintenant étudier la stabilisation aux cours actuels, c'est-à-dire la dévaluation.

## II. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA DÉVALUATION

La dévaluation d'une unité monétaire est sa réduction de valeur par rapport à l'or. Ainsi le franc belge avait autrefois comme équivalent trente centigrammes d'or ; décider qu'à l'avenir et à perpétuité il n'en vaudra plus que quinze centigrammes, c'est lui faire subir une dévaluation de moitié. Les conséquences d'une telle opération sont faciles à prévoir : non seulement l'or, que nous supposons dans son ancien pouvoir d'achat, mais tous les biens et tous les services vont augmenter de valeur comparativement au franc. Un immeuble vendu cent mille francs il y a dix ans, se vendra deux cent mille sous le régime nouveau. L'action de société, représentant la dix-millième partie de telle usine, se vendra en bourse avec la même augmentation de prix. D'autre part, le coût de la vie demeurera le double de celui de 1914, toutes choses égales d'ailleurs.

Rien ne sera changé, si ce n'est la valeur réelle des anciennes obligations souscrites à la parité primitive du franc. Vous avez emprunté autrefois 10.000 francs ; les 10.000 francs que vous rendrez auront une valeur effective de moitié moindre. L'État emprunta dix milliards : ils

ne lui pèseront pas plus que cinq sous l'ancien régime. Le revenu nominal du pays sera presque doublé (1), et les lois fiscales produiront d'autant plus. Si nous devons prélever un milliard d'impôts, pour le service de la dette, sur 7 milliards de revenu brut, nous en prenons le septième; si ces revenus sont de 13 milliards, le prélèvement n'est plus que d'un treizième. La dévaluation paraît donc un expédient aussi commode qu'innocent pour boucler les budgets sans recourir à l'impôt. Plutôt que de suivre le dur chemin de la déflation, de la compression et de la baisse des prix, plutôt que de recourir aux taxations exceptionnelles, les nations appauvries rétabliront, par la dévaluation, un ordre parfait dans leurs finances.

La magie du procédé ne manque cependant pas d'inquiéter un peu ; les sceptiques et les mauvais caractères se demandent tout de suite comment deux chemins aussi opposés peuvent mener au même but...

Mais les avantages de la dévaluation ne sont pas uniquement d'ordre fiscal. Grâce à elle, il ne faut plus surveiller la dépréciation monétaire, ni s'évertuer à la corriger. La réserve de la Banque d'émission, évaluée à la parité nouvelle, constituera, nous dit-on, une couverture suffisante à la circulation de billets. Ajoutons que nous évitons par là bien des déboires au point de vue social. L'expérience nous apprendrait, si la connaissance de la nature humaine n'était suffisante, que les salaires haussent beaucoup plus facilement qu'ils ne baissent. La dévaluation proposée, en maintenant le prix de la vie deux fois aussi élevé qu'auparavant, permettra aux salaires de conserver une augmentation équivalente. Le pays demeurera plus tranquille, les grèves moins fréquentes et la production plus régulière.

La déflation a de graves inconvénients pour le commerce

(1) Nous disons « presque doublé », parce que le revenu des engagements libellés en francs ne variera pas.

et l'industrie. La chute des prix fait tomber la valeur des stocks. Bon nombre de maisons seront menacées de faillite ; si le retour au pair est lent, la catastrophe nous sera peut-être épargnée, mais un malaise prolongé est inévitable. D'un autre côté, comme les salaires baissent toujours en dernier lieu, l'industrie d'exportation ne verra pas vite ses prix de revient se réduire ; elle pourra difficilement vendre à l'étranger. Et le chômage mettra des milliers de familles à charge des pouvoirs publics. Dès lors, comment hésiter devant la dévaluation ?

Ces avantages sont réels, mais il faut parler aussi des inconvénients. Décider de ne rendre que la moitié de ce qu'on a reçu ou de ce qu'on a promis de rendre, c'est renier une dette. L'État, pas plus que les particuliers, ne peut le faire. Il emprunta cinq milliards avant la guerre ; il demanda plus tard trente-cinq autres milliards. Au cours des mois qui suivirent l'armistice, on lui donna des francs-or à peu près ; dans la suite ce fut des francs dépréciés plus ou moins d'après le moment. A tous il a promis de rendre des francs-or : la plus élémentaire des honnêtetés exige qu'il accomplisse sa promesse.

Pour lui comme pour le particulier, seule l'impossibilité absolue, la faillite, peut le décharger d'une partie ou de toute sa dette. Une faillite n'est admissible qu'en présence d'une situation désespérée, qu'on a tout fait pour écarter. Et le débiteur défaillant a le devoir de traiter tous ses créanciers de la même manière sans partialité. Or il n'est pas difficile de montrer que la dévaluation efface la dette de certains, et accroît celle des autres. Si l'on y recourt, la valeur des terres, des maisons, des usines ne diminue pas, leur revenu réel demeure le même. Bien plus, ces biens sont dégrevés d'une partie de la dette publique, de l'hypothèque qui pesait sur eux, de la moitié si la dévaluation est de moitié.

Le propriétaire foncier et l'industriel ont donc intérêt à la réalisation de l'opération; il en va tout autrement pour

ceux dont la fortune est libellée en francs. Ils perdront la moitié de leur avoir ; si leur créance date de l'après-guerre, ils sont privés de la plus-value qu'ils pouvaient légitimement espérer. La dévaluation engendre donc une injustice réelle aux dépens des propriétaires de titres ou de créances exprimés en francs. Si le malheur des temps exige des sacrifices exceptionnels, les pouvoirs publics doivent veiller à ce qu'ils soient équitablement répartis.

Mais, dira-t-on, les porteurs de cette espèce de valeurs mobilières ont moins de droits aux égards que les autres propriétaires : les dettes de l'État furent souscrites, en général, au temps où le franc était déprécié. Dès lors ses créanciers n'ont pas à se plaindre. En exigeant de l'État deux fois autant qu'ils n'ont donné, ne méritent-ils pas le nom d'usuriers ? Et n'est-il pas pleinement conforme à l'intérêt général de favoriser le commerce et l'industrie, sans lesquels un pays doit périr ?

Il y a beaucoup de vrai dans cette objection. Il y a certes injustice quand le retour au pair s'effectue dans un pays qui s'est accommodé au régime déprécié, où toutes les transactions s'effectuent sur cette base. Mais il paraît en tout cas vexant de voir l'État décevoir ceux qui l'ont aidé dans sa détresse, et favoriser ceux qui ont préféré leurs propres affaires. De plus, on s'imagine peut-être trop aisément qu'un pays a réglé toutes ses transactions sur la parité dépréciée de sa monnaie.

Nous nous sommes efforcé de représenter concrètement ce qui restait des anciens engagements en Belgique. Ceci, à titre d'exemple, et sans dissimuler le caractère fort approximatif de tels calculs. Voici l'image que l'on obtient :

I. *Engagements en francs-or datant de l'avant-guerre (en millions de fr.)*

| | |
|---|---|
| Fonds d'État, de provinces, de communes, obligations de société. Cours de bourse (1) | 7.000 |
| Bons du Trésor, obligations non cotées et divers | 2.500 |
| Dépôts en banque, caisse d'épargne, etc. (2) | 2.000 |
| Billets de banque | 1.000 |
| Créances hypothécaires (3) | 4.000 |
| | 16.500 |

Ce tableau n'est pas complet ; il n'a pas pu atteindre notamment les prêts de particulier à particulier. De plus, les cours de bourse de nos fonds d'État étaient en baisse marquée sur les prix d'émission. Pour la rente belge 3 %, la valeur nominale était d'un tiers plus élevée que le cours à Bruxelles.

Passons maintenant à une deuxième catégorie d'engagements. Ils datent de l'époque où le franc était encore à peu près au pair avec l'or, mais avait perdu une bonne partie de son pouvoir d'achat. C'était au cours de l'occupation ou peu après l'armistice ; les fonds d'État furent souscrits avec le produit de la liquidation des stocks d'avant-guerre, de la vente des valeurs étrangères, achetées en bourse par les Allemands. Citons encore les anciens capitaux liquides et les bénéfices de guerre. Cette catégorie est moins intéressante que la première, mais elle représente encore des francs-or, ou à peu près.

(1) D'après les tableaux du MONITEUR DES INTÉRÊTS MATÉRIELS.

(2) Le total dépassait trois milliards ; nous l'avons réduit à deux, à cause des doubles-emplois.

(3) Estimation de M. Clavier, *La fortune belge à la veille de la guerre*, p. 35.

II. *Engagements souscrits en francs peu dépréciés (en millions)*

| | |
|---|---|
| Bons I, interprovinciaux (de 1914 à 1918) | 2 300 |
| Emprunt Restauration monétaire (déc. 1918) | 3.000 |
| Restauration Nationale (début de 1919) | 1.500 |
| Avances de la Banque Nationale | 6.000 |
| | 12.800 |

Dans ce tableau, comme dans le suivant, nous négligeons les dépôts en banque, parce qu'ils sont prêtés à l'État ou l'équivalent des dépôts d'avant-guerre.

Voici maintenant comment peuvent se représenter les engagements contractés sous le nouveau régime.

III. *Engagements en francs dépréciés (en millions)*

| | | |
|---|---|---|
| *Au* 31 *décembre* 1921. | | |
| Emissions de titres à revenu fixe. | | |
| Sociétés privées (1) | | 1.300 |
| État Belge. | | |
| Dette consolidée | 4.500 | |
| Titres aux sinistrés | 2.000 | |
| Fonds des chèques-postaux | 400 | |
| Bons à 6 mois | 4.400 | |
| | | 11.300 |
| *En* 1922 (2) | | 2.000 |
| | | 14.600 |

*Récapitulation des engagements*

| | |
|---|---|
| Souscrits avant la guerre | 16.500 |
| Souscrits jusqu'en juin 1919 | 12.800 |
| Souscrits de 1919 à 1922 | 14.600 |

(1) Statistique de la Banque d'Outremer.
(2) Évaluation personnelle.

Telles sont les valeurs dont on veut consacrer la réduction ; l'examen auquel nous avons procédé montre qu'elle léserait une catégorie fort importante de propriétaires ; elle priverait de la moitié de leur avoir les très intéressants souscripteurs des anciennes dettes, et dégrèverait gratuitement les débiteurs de quatre milliards de dettes hypothécaires. La justice que l'on cherche serait bien plus facilement atteinte, dans le cas qui nous occupe, par la réduction des créances d'après-guerre. C'est ce qu'a proposé, du reste, notre représentant à la Conférence de Gênes, M. Lepreux. La matière est toutefois si délicate qu'il est imprudent de proposer quoi que ce soit d'ici longtemps.

Il faut convenir cependant de ce qu'en de nombreux pays la disproportion entre les engagements est tellement forte que l'hésitation n'est pas possible. C'est évidemment le cas de l'Allemagne, dont les quatre mille milliards de dette (1) ont été contractés à peu près exclusivement en marks dépréciés. D'un autre côté chaque année diminue partout le montant des obligations anciennes, et rend moins injuste l'adoption d'une nouvelle parité. Les rentes belges 3 % changent de propriétaires et les hypothèques se purgent. La Belgique, toutefois, n'est pas encore loin sur cette voie, où elle n'a pu s'avancer qu'en 1919.

Nous avons parlé également des avantages de la dévaluation dans les questions ouvrières ; ils sont réels, mais nous n'échapperons pas entièrement aux réductions de salaires. Les États-Unis et l'Angleterre ont dû s'y résigner, quoiqu'étant dans une situation différente de la nôtre. Il faut préférer la dévaluation au bolchevisme, certes, mais peut-être a-t-on fort exagéré le danger. A la fin de 1922, les ouvriers Tchéco-slovaques ont admis d'énormes réductions de salaires, à la suite de la hausse de la couronne. La valeur-or de celle-ci avait gravité depuis 1920 autour

(1) Au 15 mars 1923.

de six pour cent ; elle dépasse quinze pour cent en mars 1922. L'exemple n'est-il pas rassurant ? Remarquons encore que les progrès de la technique permettront probablement aux salaires de demeurer plus élevés qu'autrefois.

Résumons-nous. La dévaluation est une faillite, un manquement à des engagements. Pour n'être pas frauduleuse, elle doit s'imposer. C'est à chaque pays d'étudier sa situation économique et financière, et de décider en conscience — s'il existe une conscience pour les peuples...

Tels sont les arguments et telles sont les conclusions que l'on pourrait appeler continentales. Les Anglais ont une autre mentalité, on l'a dit mille fois, la mentalité des affaires. M. Keynes la résume admirablement, en a écrit l'évangile ; il l'a fait du reste avec une maîtrise indéniable. Pourquoi mêler des considérations d'équité à cette question monétaire ? Le résultat le plus clair du retour au pair, et même de sa seule perspective, c'est de restreindre la consommation. On évite de bâtir des immeubles, d'installer des usines, d'immobiliser des capitaux, car on croit que dans dix ans tout sera deux fois meilleur marché. Passe encore de diminuer la consommation des choses périssables, des objets de luxe, mais c'est pure perte de ne pas accroître les instruments de production. La demande faisant défaut, la production s'arrête, le chômage survient et se prolonge. Le retour au pair amènera peut-être l'égalité entre tous, mais ce sera l'égalité dans la misère. Mieux vaut sacrifier aujourd'hui les porteurs de titres à revenu fixe, ils seront dédommagés par la prospérité générale.

Le raisonnement n'est certes pas dépourvu de force, mais... est vrai surtout pour l'Angleterre. Sur le continent, il n'y a aucun inconvénient à ce que la consommation des particuliers soit réduite : la reconstruction des régions et des usines dévastées absorbe aisément toute l'activité disponible. Nous n'avons de chômage que dans les usines

travaillant pour l'exportation, où le protectionnisme nous fait plus de tort que la dépréciation monétaire.... La délégation anglaise demandait à Gênes que les nations dont la monnaie perdait plus de 20 % renoncent à lui faire retrouver le pair. Quand la livre perdit plus de 30 %, les Anglais ne cessèrent de proclamer qu'elle remonterait à son ancienne parité, et elle y réussit. Leur remède paraît meilleur à appliquer chez les autres que chez eux...

Quant au reste, la perspective du retour au pair n'entrave nullement notre esprit d'entreprise : jamais en Belgique, on n'a tant pressé l'équipement des usines, ni fondé autant de sociétés.

### III. LA STABILISATION EST-ELLE RÉALISABLE ?

Il ne suffit pas de décréter la dévaluation d'une unité monétaire, il faut la réaliser d'une façon définitive. La stabilisation n'est pas toujours aisée, loin de là.

Le cours du change est réglé par l'offre et la demande d'une devise ; pour qu'il demeure stable, l'offre doit être égale à la demande. Sans doute l'équilibre n'est jamais parfait, même quand le change n'est pas avarié, mais les excédents momentanés n'apportent pas de trouble notable. Les gouvernements et les établissements financiers en ont facilement raison.

La première et même la seule condition de la stabilisation est donc l'équilibre de la balance des comptes, c'est-à-dire des dettes et des créances exigibles d'un pays. Cette condition est requise pour la stabilisation à n'importe quel taux, car l'équilibre ne ramène pas le change au pair, il arrête simplement la dépréciation et maintient le *statu quo*. Quant à l'inflation, son influence est assez restreinte ; elle a pour effet de paralyser la vente au dehors, la réduction de la circulation est une condition du développement des exportations.

Supposons maintenant les offres de francs égales aux

demandes : un léger excès de celles-ci provoquera la hausse. Si la balance demeure créditrice, la hausse se poursuivra jusqu'au niveau où nous l'arrêterons pour stabiliser le change — car il reste entendu qu'il est désirable de donner au franc une valeur quelque peu supérieure au cours du jour.

Notre unité monétaire sera stabilisée quand la Banque Nationale ou telle autre caisse, assurera son échange contre une quantité fixe d'or, ou un montant déterminé de devises étrangères stables. Un stock d'or ou de devises étrangères est donc absolument nécessaire non pour garantir les billets, mais pour parer aux déficits passagers de la balance des comptes. Cette réserve est destinée aux payements à l'étranger si ceux-ci deviennent trop considérables.

Tel est le procédé employé en temps normal, et dont l'instrument est la Caisse de conversion dont nous avons montré le rôle. Mais deux difficultés viennent compromettre le succès de la stabilisation.

Voici d'abord les capitaux de spéculation. Nos changes se sont brusquement avariés par suite de l'excès d'importations. Nous manquions de ressources pour payer tout ce que nous devions acheter à l'étranger. Les gouvernements ont contracté des emprunts, ils demeurèrent insuffisants. Nous fûmes forcés de recourir aux capitaux de la spéculation, et pratiquement de la spéculation anglo-américaine. Nous l'avons tentée par la perte consentie sur notre monnaie. Elle nous donna les dollars nécessaires et se chargea de nombreux milliards de francs. Le déficit de la balance commerciale de la Belgique fut de 9 milliards environ pour 1919, 1920 et 1921 ; nous l'avons comblé partiellement par des emprunts extérieurs, se montant à 6 1/2 milliards de francs au cours du 31 décembre 1921. Mais leur conversion en francs fut effectuée quand le dollar esquissait à peine sa hausse, si bien que, compte tenu des prestations de l'Allemagne,

nous avons peut-être dû demander 4 milliards à la spéculation.

Elle les conserve sous forme de dépôts dans les banques ou de valeurs libellées en francs. Les succursales des grandes banques anglaises et américaines établies chez nous depuis l'armistice ont comme mission principale la gestion de ces fonds. Elles les placent ordinairement en bons du Trésor. Mais la spéculation ne consent à cette immobilisation que dans l'espoir d'une hausse. Elle liquidera dépôts et titres le jour où elle croira cette hausse impossible. De là ses retraits quand elle estime notre politique fautive, quand elle croit que l'occupation de la Ruhr prolongera le gâchis où s'embourbe l'Europe. Et que dire de l'aveu officiel, de la décision formelle de renoncer à toute hausse ? Que se passera-t-il quand nous envisagerons la dévaluation d'un peu plus près ? Ce sera l'offre de francs belges détenus par la spéculation désormais sans aliment et même sans objet, la balance des comptes brusquement défavorable et notre devise s'écroulant. Il faudrait, pour tenir le coup, racheter ces milliards contre des dollars : où les trouverons-nous ?

L'opération ne sera praticable que le jour où nous aurons résorbé ces crédits de spéculation par l'excès de nos exportations, ou quand nous aurons réussi à en fixer une partie à titre de placement définitif, en fonds d'État à longue échéance par exemple.

Mais nous avons dit qu'un second motif nous empêchait de songer à une dévaluation prochaine, à la stabilisation du change. C'est la question des Réparations et des dettes interalliées. Elle nous tient en échec de deux manières. Le cours du change est déterminé par la balance des comptes, par la comparaison des dettes et des créances exigibles d'un pays. Parmi ces éléments figurent aujourd'hui en première place l'indemnité allemande et les dettes interalliées. D'après l'accord de Londres, toujours en vigueur jusqu'aujourd'hui, la Belgique doit recevoir

quelque dix milliards de marks-or ; cette somme représente à peu près le triple de son exportation en 1913. Il ne peut donc être indifférent au change qu'une telle somme rentre ou ne rentre pas chez nous. Nous n'aurons ni stabilité ni même politique monétaire avant d'être fixés définitivement sur le sort de notre créance.

Il y a plus. La valeur-or du franc est avant tout une question intérieure, une question de prix et de dettes. Si la défaillance de l'Allemagne s'avérait définitive, la France et la Belgique devraient supporter à elles seules le poids de leur dette. Le fardeau dépassant leurs forces, elles n'auraient d'autre ressource que de s'en décharger partiellement ; la dévaluation serait le plus commode des moyens. Là encore il est impossible de fixer la valeur de notre franc avant le règlement de l'indemnité allemande.

Ainsi donc toute tentative est actuellement prématurée. M. Keynes, poussé par les considérations dont nous avons parlé dans notre deuxième partie, n'a pu cependant résister au désir de dresser un plan de stabilisation. Il n'en méconnaît pas les aléas, mais les avantages sont tels, dit-il, que l'entreprise mérite d'être tentée. Il conçut un plan pour la conférence de Gênes : un plan dont on peut admirer l'habileté. Prévoyant que nos pays ne voudraient pas consacrer la dévaluation de leur monnaie, il leur proposait de la fixer provisoirement au taux actuel, et de s'engager simplement à ne pas le faire hausser de plus de 5 % chaque année. Afin d'obtenir la stabilité nécessaire, il imagina des caisses de conversion, où interviendrait l'or prêté par l'Amérique. De cette façon le retrait des capitaux de spéculation n'était plus à craindre, et l'avenir n'était pas compromis.

Mais nos gouvernements, moins affectés que M. Lloyd George par la gravité de ce problème, et plus conscients des difficultés de réalisation, écartèrent le plan avec les autres projets présentés à Gênes par les Anglais. Les événements nous ont donné raison : la carence de l'Alle-

magne, l'occupation de la Ruhr et les perturbations qui s'ensuivirent ont montré que ce programme, si modeste fût-il, ne venait pas à son heure. Ni la France, ni la Belgique n'eussent été de taille à racheter les francs vendus par la spéculation américaine au début de 1923. C'eût été l'échec de la tentative et le discrédit plus complet encore de nos finances.

La seule conclusion à tirer de cette étude, c'est que toute décision est encore prématurée aujourd'hui. La nécessité et par conséquent la légitimité de la dévaluation n'apparaîtront qu'après le règlement de l'indemnité allemande et des dettes interalliées. La réalisation exige la solution des mêmes difficultés. La dépréciation monétaire n'est qu'une face, qu'une suite même du déséquilibre économique légué par la guerre. C'est sur ce désordre qu'il faut concentrer son effort.

FERNAND BAUDHUIN.

# VARIÉTÉS

## I

## LA PUBLICATION DES INÉDITS DE FERMAT (1)

Pierre de Fermat naquit à Beaumont-de-Lonagne, près de Montauban, au mois d'août 1601, et mourut, à Castres, le 12 janvier 1665. Son père se nommait Fermat tout court, mais, suivant l'usage, Pierre prit la particule nobiliaire, à l'occasion de sa nomination de conseiller au Parlement de Toulouse. Sa vie de magistrat est mal connue. On peut même dire qu'il n'existe pas de vraie biographie de Fermat. En revanche, ses inventions et découvertes en mathématiques lui ont fait un nom impérissable. De tous les géomètres de la première moitié du XVII^e siècle, sans en excepter Descartes, c'est celui dont les *Œuvres* méritent le plus d'être encore étudiées. Elles ont été éditées — plusieurs pour la première fois — de 1891 à 1912, par les soins de feu Paul Tannery, notre regretté collègue, et de M. Charles Henry (2); magnifique travail en quatre volumes in-4°, que vient de compléter aujourd'hui un volume supplémentaire publié par M. de Waard (3). J'ai eu trop souvent l'occasion de louer

(1) Communication faite à la 1^re Section de la Société scientifique, le 25 janvier 1923.

(2) *Œuvres de Fermat*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Charles Henry, sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique. — Paris, Gauthier-Villars, t. I, 1891 ; t. II, 1894 ; t. III, 1896 ; t. IV (par M. Charles Henry seul), 1912.

Je cite en abrégé le titre par le mot : *Fermat*.

(3) *Œuvres de Fermat*, publiées par les soins de MM. Paul Tannery et Charles Henry, sous les auspices du Ministère de l'Instruction

ici même le savant érudit de Flessingue, pour qu'il me faille le présenter au lecteur.

I

La publication d'un volume supplémentaire aux *Œuvres de Fermat*, s'est imposée par une double découverte de M. de Waard : je veux dire, celle de deux manuscrits contemporains de Fermat, contenant d'excellentes copies de plusieurs Notes et Mémoires mathématiques du grand géomètre. L'un de ces manuscrits se trouve à Groningue, l'autre à Florence.

Le manuscrit de Groningue est un cahier de 23 feuillets petit in-folio. Fermat rédigea les écrits qu'il contient, de 1636 à 1642. Ce recueil n'est pas signé, mais il a été incontes-

publique. *Supplément* aux tomes I-IV. Documents inédits publiés avec Notes sur les nouveaux manuscrits par M. C. de Waard. Paris, Gauthier-Villars, 1922. Un volume in-4° de VIII-188 pages.

Je le cite en abrégé par le mot : *Supplément*.

Voici la liste des pièces publiées :

1° Écrit anonyme sur la Spirale de Galilée. Son attribution à Fermat.

2° Écrit anonyme sur la chute des graves. Son attribution à Fermat.

3° Points d'inflexion de la Conchoïde de droite. Lettre de Roberval à Fermat.

4° Extraits de la correspondance de Galilée sur la Spirale.

5° Mémoire « *De Maximis et Minimis* », inédit de Fermat.

6° Mémoire « *De Maximis et Minimis* ». Lettre de Fermat à Mersenne.

7° Trois lettres de Fermat à Mersenne sur la Roulette.

8° La méthode de Fermat pour le tracé des tangentes exposée par Beaugrand.

9° Construction de l'ellipse. Manuscrit contemporain de Fermat.

10° Lettre de Fermat à Mersenne, pour Brûlart de Saint-Martin.

11° Extrait du *Racconto* de Torricelli.

12° Extrait de la correspondance de Ricci et de Torricelli

13° Extraits de la correspondance de Roberval, Mersenne et Torricelli.

14° Remarque d'Angelo Genocchi sur un manuscrit de Fermat. Traduction de M. Gino Loria.

Le volume est précédé d'une dédicace à la mémoire de Paul Tannery et d'un « Avant-Propos » par M. Charles Henry. Il se termine par deux notes, l'une sur « Une fausse attribution à Fermat », l'autre sur « Une publication de Frenicle. »

Les Index des Matières et des Noms propres sont commodes et bien faits.

tablement formé par le mathématicien hollandais François van Schooten. A cet égard aucun doute n'est possible.

Van Schooten naquit à Leyde en 1616. Inscrit comme étudiant à l'Université de cette ville en 1631, il entra en relations avec Descartes pendant le séjour que le philosophe fit dans la cité universitaire en 1635 et en 1636. Au cours de l'été de 1641, Descartes lui donna des lettres de recommandation pour le voyage que van Schooten se proposait de faire en France.

Grâce à des titres d'introduction aussi sérieux, le Hollandais arrivé à Paris put bientôt faire la connaissance des principaux savants de la capitale et obtenir par eux communication des écrits de Fermat. Ceux-ci, on le sait, circulaient de main en main, parfois en autographes, le plus souvent en simples copies. Qui les lui fit voir ? On l'ignore. Peut-être Carcavi lui-même, mais plus probablement Mersenne d'après des copies fournies par Carcavi. D'ailleurs, peu importe ; car il est certain que les occasions de lire les mémoires de Fermat ne manquèrent pas au voyageur. C'est ainsi qu'il put former à son usage personnel le recueil que possède aujourd'hui l'Université de Groningue.

Après avoir visité la France, van Schooten parcourut l'Irlande, puis l'Angleterre et rentra enfin dans sa patrie vers le printemps de 1643. Il alla voir Descartes, qui habitait alors la campagne à Endegeest, entre Leyde et Katwyk. Il y eut avec le philosophe une conversation demeurée fameuse, dont Fermat fut l'objet et qui nous est connue par le récit que le visiteur d'Endegeest en fit plus tard à son brillant élève Christiaan Huygens. Elle est trop curieuse pour ne pas en rappeler le trait principal (1).

Retour de France, dit van Schooten, je me promenais un jour avec Descartes et au cours de la conversation, je lui signalai plusieurs belles découvertes de Fermat. « Monsieur Fermat est Gascon, interrompit Descartes, moy non. Il est vray, qu'il a inventé plusieurs belles choses particulieres, et qu'il est homme de grand esprit. Mais quant à moy, j'ay tousiours estudié à considérer les choses fort generalement, affin d'en pouvoir conclure des Reigles, qui ayent aussy ailleurs de l'usage. »

(1) *Fermat*, t. IV, p. 122.

Traiter les beaux théorèmes de Fermat de simples gasconnades, parce qu'ils n'auraient pas la généralité voulue et seraient sans application ! Voilà certes un propos bien déplacé, bien hardi, même dans la bouche de Descartes. Mais la modestie ne fut jamais son fort. Une fois de plus il le prouve. N'insistons pas et passons.

Nommé en 1646 professeur à l'Université de Leyde, Françcis van Schooten mourut dans cette ville, le 29 mai 1660. Son frère Pierre hérita de sa chaire et de ses manuscrits scientifiques. Plus tard, nous trouvons les écrits des deux van Schooten entre les mains de Jean Bart della Faille, professeur de mathématiques, d'abord à La Haye, puis à Groningue, où il mourut en 1823. De son vivant, Bart della Faille donna les manuscrits des van Schooten, au nombre de quinze, à la Bibliothèque de l'Université, où ils sont restés depuis lors.

Pour invraisemblable que la chose puisse être au premier abord, il est néanmoins assez facile d'expliquer comment un document aussi précieux que le recueil de Groningue ait pu échapper aux éditeurs des *Œuvres de Fermat*. Il est, nous l'avons dit, de la main même de François van Schooten. De là une erreur d'inventaire dans le Catalogue de la Bibliothèque de l'Université qui attribue sans autre indication le manuscrit aux deux frères François et Pierre. Rien ne pouvait faire soupçonner qu'il renfermait des pièces intéressant Fermat.

Le manuscrit découvert par M. de Waard à Florence est aussi important que celui de Groningue. Sa valeur provient de ce qu'il a été fait, suivant toute vraisemblance, sous les yeux de Carcavi et qu'il est apostillé par lui ; mais son histoire est un peu incertaine. Coté aujourd'hui *Ms. Galileiani. Discipoli, tom. CIII*, il se trouve parmi les papiers de Viviani à la Bibliothèque Nationale de Florence. En conclure que la pièce a été envoyée directement de Paris au fidèle disciple et compagnon de la vieillesse de Galilée serait aller trop vite en besogne, car le classement actuel ne date que du milieu du XIX^e^ siècle.

La question de l'origine de ce manuscrit demande donc à être examinée de plus près. Ce n'est pas un autographe, mais une copie d'une écriture française. Une autre main,

française aussi, l'a apostillée après coup. En comparant les apostilles avec des autographes de Carcavi, on est aussitôt enclin à conclure que ces additions lui sont dues. Tout vient d'ailleurs confirmer cette hypothèse ; mais pour s'en rendre compte, il faut faire connaître un des aspects des habitudes de travail de Fermat.

Le Géomètre de Toulouse avait une puissance prodigieuse de réflexion, et se décidait difficilement à rédiger une démonstration. Jamais il n'en fit imprimer une seule, et les *Varia Opera Domini de Fermat* sont, on le sait, une œuvre posthume publiée, en 1679, par son fils Samuel (1). Du vivant de l'auteur, ne parurent que les *Propositions à Lalouvière*, que le jésuite publia à la suite de son traité de la *Cycloïde* (2) ; encore crut-il devoir taire le nom de son correspondant. Il faut y ajouter quelques lettres, qui font partie du *Commercium epistolicum* de Wallis (3).

Cependant, cédant aux instances de ses amis, Fermat s'était décidé à livrer au public ses principaux écrits. Mais, accablé par les devoirs de sa charge de magistrat, il chercha un collaborateur qui mettrait ses notes en ordre et les publierait.

D'abord il fit appel à Jean de Beaugrand. Pour des raisons que nous raconterons plus loin, ce projet n'aboutit pas. Beaugrand étant mort vers la fin de l'année 1640, Fermat

(1) En voici le titre complet : *Varia Opera Mathematica D. Petri de Fermat, Senatoris Tolosani. Accesserunt selectae quaedam ejusdem Epistolae, vel ad ipsum à plerisque doctissimis viris Gallicè, Latinè, vel Italicè, de rebus ad Mathematicas disciplinas, aut Physicam pertinentibus scriptae.* Tolosae, Apud Joannem Pech,... M.DC.LXXIX. Cette première édition est devenue rare. J'en connais un exemplaire à la Bibliothèque de l'Université de Gand.

(2) Ouvrage rarissime dont les éditeurs de Fermat donnent le titre comme suit : *De Cycloïde Galilaei et Torricellii Propositiones viginti Autore Antonio Lalouera Societatis Jesu.* Imprimé à Toulouse, en 1658 (T. II, p. 413).

(3) La première édition est d'Oxford, 1658. Je ne la connais pas. Le *Commercium* a été réédité dans les *Joannis Wallisii S. T. D. Geometriae Professoris Savilliani in celeberrima Academia Oxoniensi Opera Mathematica.* T II, Oxoniae, in theatro Scheldoniano, 1693 ; pp. 757-860. Paul Tannery a traduit le *Commercium* en entier au t. III de *Fermat*, pp. 399-610.

s'adressa à Carcavi et en fit le dépositaire de ses manuscrits. En 1654, il songea à lui adjoindre le jeune Blaise Pascal, avec lequel il venait d'entrer en relation épistolaire. A cette occasion, il écrivit à Carcavi une lettre qui nous a été conservée. Je la reproduis intégralement, car elle montre on ne peut mieux comment Fermat comprenait la publication de ses Œuvres (1).

« MONSIEUR,

» J'ai été ravi d'avoir eu des sentiments conformes à ceux de M. Pascal, car j'estime infiniment son génie et je le crois très capable de venir à bout de tout ce qu'il entreprendra. L'amitié qu'il m'offre m'est si chère et si considérable que je crois ne devoir point faire difficulté d'en faire quelque usage en l'impression de mes Traités.

» Si cela ne vous choquoit point — Carcavi était jusque là chargé seul d'éditer Fermat — vous pourriez tous deux procurer cette impression, de laquelle je consens que vous soyez les maîtres ; vous pourriez éclaircir ou augmenter ce qui semble trop concis et me décharger d'un soin que mes occupations m'empêchent de prendre. Je désire même que cet Ouvrage paroisse sans mon nom, vous remettant, à cela près, le choix de toutes les désignations qui pourront marquer le nom de l'auteur, que vous qualifierez votre ami.

» Voici le biais que j'ai imaginé pour la seconde Partie, qui contiendra mes inventions pour les nombres. C'est un travail qui n'est encore qu'une idée, et que je n'aurois pas le loisir de coucher au long sur le papier ; mais j'enverrai succinctement à M. Pascal tous mes principes et mes premières démonstrations, de quoi je vous réponds à l'avance qu'il tirera des choses non seulement nouvelles et jusqu'ici inconnues, mais encore surprenantes.

» Si vous joignez votre travail avec le sien, tout pourra succéder et s'achever en peu de temps, et cependant on pourra mettre au jour la première Partie que vous avez en votre pouvoir.

» Si M. Pascal goûte mon ouverture, qui est principalement

(1) *Fermat*, t. II, pp. 299-300.

fondée sur la grande estime que je fais de son génie, de son savoir et de son esprit, je commencerai d'abord à vous faire part de mes inventions numériques. Adieu.

» Je suis, Monsieur, votre très humble et très obéissant serviteur.

FERMAT.

» A Toulouse, ce 9 août 1654. »

Pascal déclina l'offre, et Carcavi resta, comme auparavant, chargé seul de réunir et de classer les papiers de Fermat. Il les retouchait beaucoup moins qu'on ne pourrait le croire à la lecture de la lettre précédente. Mais, il faisait le départ entre les pièces qu'il convenait de publier et celles qui d'après lui ne méritaient pas l'impression. Pour autant qu'on en peut juger, il se conformait, dans ce choix, aux indications et aux désirs de Fermat.

Maintenant que nous connaissons la place que tient Carcavi dans la vie scientifique de notre grand géomètre, revenons au manuscrit de Florence. Son origine prouve sa valeur documentaire. Je n'ai plus à y insister. Reste à deviner, si possible, comment il parvient en Italie.

Ce fut probablement par Mersenne. Le Minime fit, en 1644, un grand voyage dans la Péninsule, et l'on sait par les correspondances du temps, qu'il était porteur de plusieurs copies des travaux de Fermat. Selon toute probabilité, le manuscrit de Florence se trouvait parmi elles. Dès lors, rien de plus naturel que de le voir aujourd'hui dans la vaste collection de manuscrits des disciples de Galilée.

Voici, en effet, d'après M. de Waard, un précis sommaire des pérégrinations de Mersenne. Parti de France vers la fin d'octobre, il rencontra Cavalieri à Bologne. De là, il se rendit à Florence visiter Torricelli. Puis il alla à Rome, où il arriva aux environs de la fête de Noël. Il y vit du Verdus, ancien élève de Roberval, Michel Ange Ricci, Raphaël Magiotti, Antonio Nardi, beaucoup d'autres encore.

Auquel de ces savants donna-t-il le manuscrit Fermat-Carcavi ? Encore une fois, aucun indice positif ne permet de citer un nom propre. Mais, peu importe. Tous ces géomètres se voyaient, s'écrivaient, se communiquaient les nouveautés scientifiques qui faisaient l'objet des conversations du jour.

Beaucoup de leurs manuscrits importants se trouvent aujourd'hui à la Bibliothèque nationale de Florence, dans la collection des Disciples de Galilée. On y garde notamment les papiers de Torricelli, dont on sait que Viviani hérita. La présence dans le dépôt italien d'une copie de Fermat annotée par Carcavi, est donc chose qui s'explique parfaitement. C'est ce que M. de Waard a très bien montré.

## II

Toutes les pièces nouvelles du volume *Supplémentaire* de M. de Waard ne sont pas puisées dans les manuscrits de Groningue et de Florence; mais, avant d'en parler, il convient de dire au préalable un mot des notes et documents qui proviennent de cette première source.

Voyons d'abord les simples notes, ou mieux, les corrections que ces manuscrits permettent d'apporter au texte existant. La première édition des *Varia Opera Domini de Fermat*, publiée à Toulouse, par son fils Samuel, était, on le sait, très défectueuse. Dès son apparition les géomètres les plus en vue s'en plaignirent. Huygens, pour ne citer que lui, parlant d'une question traitée par Fermat dans son *De aequationum localium transmutatione* (1), s'en exprimait en ces termes à Leibniz, par une lettre du 1 septembre 1691 (2) :

« J'ay recherché la dessus (sur ce problème) ce que je me souvenois d'avoir vu dans les œuvres posthumes de Mr. Fermat. Mais ce Traité est imprimé avec tant de fautes, et de plus si obscur, et avec des démonstrations suspectes d'erreur, que je n'en ay pas seu profiter. »

Une édition si fautive qu'un géomètre avisé comme Huygens n'ait pas su en profiter ; des incorrections typographiques embarrassant un pareil maître au point de lui faire « suspecter d'erreur » les démonstrations de Fermat, c'est tout dire ! Paul Tannery et M. Charles Henry, les nouveaux éditeurs de Fermat, ont eu fort à faire pour corriger ces négligences. On sait, cependant, avec quel bonheur ils y ont réussi. N'importe, en plusieurs circonstances les manuscrits de

(1) *Fermat*, t. I, pp. 255-285.
(2) *Ibid.*, t. IV, p. 137.

Groningue et de Florence leur eussent été fort utiles. Aussi M. de Waard a-t-il été bien inspiré en publiant toutes les leçons où les textes de ces manuscrits diffèrent de celui qui a été adopté par les deux savants éditeurs. Autant, cependant, qu'un examen rapide permet d'en juger, ces variantes ne nécessitent aucune modification sérieuse à leur beau travail ; quelques précisions, quelques améliorations de détail, c'est tout ce qu'on y trouve.

Voici maintenant l'énumération des pièces nouvelles. On en rencontre d'abord plusieurs communes aux deux manuscrits.

1° Une lettre de Roberval à Fermat sur les points d'inflexion de la Conchoïde de Nicomède.

2° Le texte français d'un traité *De Maximis et Minimis*, dont nous ne connaissions jusqu'ici que le texte latin. Ce dernier pourrait n'être qu'une traduction faite en vue de l'impression ; le texte français serait en ce cas la rédaction originale de Fermat. Quoi qu'il en soit, le nouveau texte contient un appendice tout à fait inédit, mais celui-ci partiellement en latin, dans lequel l'auteur propose un problème de Minimum et sa généralisation. Cette dernière semble vraiment difficile. Pour en rendre l'énoncé intelligible, il faudrait pouvoir y joindre la figure qui l'accompagne, ce qui m'oblige à l'omettre.

3° Une lettre de Fermat à Mersenne, encore sur la méthode *De Maximis et Minimis*. Datée de Toulouse et du 15 juin 1638, elle complète, selon toute apparence, une lettre déjà publiée, que les éditeurs avaient signalée comme fragmentaire (1).

4° Trois lettres de Fermat à Mersenne sur la Cycloïde.

On trouve, en outre, dans le manuscrit de Groningue seul, une jolie construction de l'ellipse, due probablement à Fermat. La chose n'est cependant pas certaine, car la pièce n'est pas signée.

Enfin, le manuscrit de Florence contient seul la lettre de Fermat à Mersenne, pour Brûlart de Saint-Martin, dont j'ai déjà entretenu la première Section de la Société

(1) *Fermat*, t. II, pp. 152-154.

scientifique de Bruxelles, en janvier 1921 (1). C'est la pièce la plus importante du volume de M. de Waard. On se rappelle comment j'en eus connaissance. Le volume *Supplémentaire* se faisait attendre. La guerre et des difficultés matérielles paraissant insurmontables en retardaient l'impression. Le R. P. Giovanozzi des Écoles Pies, qui habitait Florence, avait étudié le manuscrit Fermat-Carcavi à la prière de M. de Waard. Craignant sans doute de voir l'entreprise de son correspondant indéfiniment retardée, pour ne pas dire tout à fait compromise, il crut prudent de prendre les devants et de publier la lettre dans l'*Archivio storico della scienza* (2). C'est sur cette première édition que j'écrivis ma note de 1921. Mais M. de Waard entoure de commentaires si intéressants la lettre à Brûlart, qu'ils m'engagent à m'y arrêter de nouveau quelques instants.

Pierre de Brûlart, seigneur de Saint-Martin, était, comme Carcavi, conseiller au Parlement de Paris. C'était un mathématicien distingué. Mais, à l'exemple de son ami Frenicle de Bessy, il s'occupait plus particulièrement de la théorie des nombres. On sait combien ce genre de problèmes intéressait les contemporains de Fermat. Il serait, au besoin, aisé de s'en rendre compte par le *Commercium epistolicum* de Wallis, dont Paul Tannery a donné une traduction dans le troisième volume des *Œuvres de* Fermat.

Brûlart avait moins d'habitude de l'analyse infinitésimale que de la haute arithmétique ; aussi, après avoir lu l'opuscule *De Maximis et Minimis*, de Fermat, avoua-t-il sans détour à Mersenne qu'il ne le comprenait pas. Il pria en même temps le Minime de demander des éclaircissements à l'auteur ; ce qui fut fait.

Le 16 février 1643, Fermat promettait à Mersenne « de satisfaire au désir de M. de Saint-Martin sur le sujet de ma méthode *De Maximis et Minimis* » (3) ; et le 7 avril suivant, il accomplissait sa promesse.

Le grand intérêt de la lettre à Brûlart provient de ce qu'elle

(1) ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE, XL^e année, 1920-1921, 1^re partie, pp. 136-144.

(2) T. I, Rome, 1919, pp. 137-140.

(3) *Fermat*, t. I, p. 251.

contient une démonstration de la méthode de Fermat, par Fermat lui-même. Je l'ai exposée en notations modernes dans ma note de 1921.

La lettre à Brûlart était accompagnée d'un billet d'envoi à Mersenne, dans lequel se lisait cette recommandation (1) :

« Vous aurez maintenant la réponse que je fais à M. de Brûlart jointe à celle-ci. Je l'ai écrite à la hâte, comme vous le verrez, et c'est la raison qui m'oblige à vous prier qu'il n'en soit pas fait de copies et qu'elle ne sorte pas d'entre les mains de M. de Brûlart. »

La démonstration de Fermat est effectivement écrite d'un style très négligé et, à une première lecture, on se contente de la raison donnée à Mersenne. Mais, le Toulousain doit en avoir eu une autre plus sérieuse pour ne pas désirer que sa lettre circulât entre savants. En effet, malgré le désir exprimé au Minime, Carcavi possédait une copie de la pièce. A cela rien d'étonnant, puisqu'il était le dépositaire de tous les écrits de Fermat. Or, celui-ci le laissait juge, nous l'avons vu, de ce qu'il convenait d'en communiquer au public. Il devait lui donner un jour de pleins pouvoirs pour reviser la forme de ses mémoires, et très probablement lui avait-il, dès lors permis de les retoucher. D'où il semble assez difficile de croire que ce fut pour une simple négligence de rédaction que Fermat voulait ne pas voir circuler sa lettre. Le fond même de la démonstration devait être en jeu. Or, en y regardant de près, peut-être est-il possible de deviner quels scrupules arrêtaient l'auteur.

Au point de vue de la rigueur, un détail de la démonstration laissait à désirer. Voici à peu près en quels termes je le résumais dans ma note de 1921.

Si une fonction f $(x)$ a un maximum, ou un minimum, en un point $x = a$, il faut qu'en donnant à $x$ un accroissement $\pm e$ dans le voisinage immédiat de ce point, f $(x)$ soit supérieur, ou inférieur, suivant le cas, à la fois à f $(x \pm e)$, ce qui exige que l'on puisse poser, bien entendu dans le voisinage immédiat du point,

$$\mathrm{f}\,(x + e) = \mathrm{f}\,(x - e).$$

(1) *Fermat*, t. II, p. 253.

Or, pour que cette égalité soit rigoureuse, il faut que le maximum ou le minimum se trouve à l'extrémité d'un diamètre parallèle à l'axe des $y$, ce que Fermat ne dit pas. Dans les autres cas, pour parler comme le Toulousain le fait après Diophante, il n'y a qu'une simple *adégalité*, en d'autres termes, une égalité approchée entre f $(x + e)$ et f $(x - e)$. Voilà ce dont Fermat ne pouvait manquer de s'apercevoir.

J'incline donc à penser, que sa démonstration ne le satisfaisait qu'à moitié. S'il la donne néanmoins à Brûlart, c'est que la plupart des mathématiciens de l'époque, à l'exemple de Cavalieri, se contentaient de preuves de ce genre, du moins en Analyse infinitésimale. Avec les moyens de Fermat, une démonstration rigoureuse eût été beaucoup plus longue. On peut s'en convaincre par celle que Mansion a essayée jadis avec un plein succès, dans MATHESIS (1). Mais le géomètre de Toulouse n'avait probablement pas le loisir de mettre sur le papier une preuve exigeant des développements aussi étendus.

## III

La Terre étant supposée douée seulement d'un mouvement diurne uniforme, sans mouvement autour du soleil, on peut se proposer de rechercher la trajectoire décrite dans l'espace par un point matériel pesant animé d'un mouvement uniformément accéléré, qui partant de la surface se dirigerait vers le centre le long d'un rayon terrestre. En règle générale, le rayon mobile décrit un cône. Mais, dans le cas particulier où le point considéré partirait de l'équateur, la trajectoire serait une courbe plane. C'est sous cette forme simplifiée que le problème intéressa Galilée, puis Fermat (2).

Soit dans le plan de l'équateur un système de coordonnées polaires. Plaçons le pôle au centre, et faisons passer l'axe polaire par le point initial du mouvement du mobile. L'angle polaire $\omega$ est évidemment proportionnel au temps de la

(1) *Méthode dite de Fermat pour la recherche des Maxima et des Minima* ; t. II, Gand, Hoste, 1882 ; pp. 193-202.

(2) *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, réédité par A. Favaro, dans *Le Opere di Galileo Galilei. Edizione Nazionale.* T. VII, Firenze, Barbèra, 1897, pp. 191-193.

chute. En désignant donc par $r$ le rayon terrestre, et par $a$ une constante, la trajectoire pourra se représenter par l'équation :

$$\rho = r - a\omega^2.$$

Dans sa *Solutio problematis a Domino Pascal propositi* (1) (il s'agit, bien entendu, d'Etienne Pascal, le père, et non pas de son fils Blaise, le grand Pascal), Fermat donne à cette courbe le nom d'*Helix Galilei*, Hélice, ou mieux Spirale de Galilée ; mais, par une erreur de lecture, Bossut, dans sa première édition de l'opuscule de Fermat, avait imprimé : *Helix Baliani* (2).

Galilée dit dans la deuxième journée de ses *Dialogues* (3) que la trajectoire parcourue par le mobile est « à peu près » un demi-cercle décrit sur le rayon terrestre. Mansion a jadis montré, dans une communication à la première Section de la Société scientifique (4), comment le savant florentin avait pu assez aisément tomber dans une erreur aussi singulière.

En France, Mersenne, le premier, combattit la solution de Galilée. C'est en essayant de construire la courbe par points que le Minime se rendit compte de la méprise de l'illustre astronome. La trajectoire « est grandement différente, dit-il, au livre second de son *Harmonie Universelle* (5),

(1) *Fermat*, t. I, pp. 70-76.

(2) *Œuvres de Blaise Pascal* (par l'abbé Bossut), t. IV. A La Haye, chez Delun, libraire, 1769 ; p. 453.

Cette erreur a fait l'objet de la question 797 dans L'INTERMÉDIAIRE DES MATHÉMATICIENS, Paris, Gauthier-Villars, t. III, 1896, pp. 78-79 et 213.

(3) *Opere. Le Opere di Galileo Galilei*, t. VII, p. 193 « ella gli è sommamente prossima » (à une demi-circonférence).

(4) *Sur une opinion de Galilée relative à la chute des corps*. ANN. DE LA SOC. SCIENT., XVIII^e^ année, 1893-1894, 1^re^ partie, pp. 92-94. Il faut remarquer que dans la solution qu'il donne de ce problème, Galilée n'a pas l'idée nette de la loi de l'espace parcouru par un mobile animé d'un mouvement uniformément accéléré.

(5) *Harmonie Universelle*... Par Marin Mersenne de l'Ordre des Minimes. A Paris, chez Sébastien Cramoisy. M.DC.XXXVI. Livre second. *Des Mouvements de toutes sortes de corps*. Prop. IV, p. 98.

M. de Waard observe que cette partie de l'ouvrage était sous presse dès 1634. *Supplément*, p. 5.

non seulement du demi-cercle, mais de quelque partie de cercle et d'arc que l'on voudra. Car, si l'on oste la portion (supérieure de la figure) (1) le reste n'est guère différent d'une ligne droite, comme l'on void particulièrement dans la portion (inférieure de la figure) ».

Mersenne s'en ouvrit à Peiresc en le priant d'informer Galilée.

Averti de son erreur, le Maître de Florence était trop perspicace pour ne pas la voir. Il était d'autre part trop adroit pour ne pas imaginer un biais qui le tirât d'affaire. En homme d'esprit, sans se rétracter ouvertement, il s'expliqua, ou, pour mieux dire, il s'excusa. Voici notamment ce qu'il écrivit, sur ce sujet, à Carcavi, le 23 février 1637. (Plutôt que de traduire le texte italien, je cite une vieille version contemporaine, publiée par M. de Waard, d'après un manuscrit de la Bibliothèque Nationale de Paris) (2).

« Bien que dans mon *Dialogue* il soit dict qu'il peult estre que le mouuement droict du tombant estant meslangé auec le circulaire esgalable du mouuement journalier, il se composast vne demye circonferance, qui allast se terminer au centre de la Terre, cela fust dict par gausserie, comme il se veoid assez clairement, ayant esté appelé vn *caprice* et *bizarrerie* (3), c'est-à-dire vne certaine liberté de jeu ».

Acceptons l'explication sans insister, car ce qui nous intéresse, c'est l'entrée de Fermat dans le débat.

Le P. Mersenne, dit Pascal, dans son *Histoire de la Roulette* (4), « avoit un talent tout particulier pour former de belles questions ; en quoy il n'avoit peut-estre pas de semblable. Mais encore qu'il n'eust pas un pareil bonheur à les résoudre, et que ce soit proprement en cecy que consiste tout l'honneur, il est vray néantmoins qu'on luy a obligation, et qu'il

(1) Dans la citation, j'ai remplacé, par des membres de phrases entre parenthèses, les lettres de la figure sur laquelle Mersenne raisonne.

(2) *Supplément*, p. 51.

(3) « Che vi pare de questa mia bizarra ? » demande Salviati à Sagredo. *Le Opere di Galileo Galilei*, t. VII, p. 192.

(4) *Les Grands Ecrivains de la France. Œuvres de Blaise Pascal publiées suivant l'ordre chronologique*, par Léon Brunschvicg, Pierre Boutroux et Félix Gazier, t. VIII. Paris, Hachette, 1914, pp. 195-196.

a donné l'occasion de plusieurs belles découvertes, qui peut estre n'auroient jamais esté faites s'il n'y eust excité les sçavans ».

Cette fois, ce fut Fermat que le Minime « excita ». Il le pria d'étudier les propriétés de la Spirale de Galilée. Toujours complaisant, le Toulousain lui répond, le 26 avril 1636, dans la plus ancienne lettre que nous possédons de lui (1) : « Je vous envoierai l'*Hélice*, que vous me demandez, par la première commodité ».

Mais il lui faut quelque répit, car, suivant son habitude, il n'a encore travaillé que de tête. En outre, le sujet est fort vaste et il n'a pas trouvé jusqu'ici le temps de le coucher sur le papier. Il s'en excuse par une lettre du 3 juin suivant (2) :

« Si la démonstration de la proposition de l'*Hélice* n'étoit pas de grand discours et de grande recherche, écrit-il à Mersenne, je vous l'envoierois présentement. Mais, elle contiendra autant que deux des plus grands traités d'Archimède, de sorte que je vous demande un peu de loisir pour cela, et cependant vous la pouvez tenir pour très véritable ».

L'envoi eut lieu avant le 4 novembre de la même année, car à cette date Fermat écrit à Roberval (3) :

« Vous m'obligerez beaucoup de prier le P. Mersenne de vous donner mes nouvelles *Hélices* ».

Qu'étaient au juste ces « nouvelles *Hélices* » ? On ne le savait pas, et on croyait devoir l'ignorer toujours, quand M. de Waard trouva la copie d'un mémoire de Fermat sur le sujet parmi les papiers de Galilée conservés à la Bibliothèque Nationale de Florence. Il est vrai que ce document n'est pas signé ; mais, dès la première lecture, on en devine l'auteur, « ex ungue leonem » Aussi, par une discussion serrée, trop longue pour être même résumée ici, M. de Waard démontre sans peine que cet écrit ne saurait être que du grand géomètre de Toulouse.

Quant au fond de la pièce, je dirai seulement que la dernière partie est consacrée à une quadrature de la *Spirale de Galilée*, dont l'idée première est visiblement inspirée par la

(1) *Fermat*, t. II, p. 5.
(2) *Ibid.*, t. II, pp. 12-13.
(3) *Ibid.*, t. II, p. 85.

quadrature de la *Spirale d'Archimède*. C'est le même procédé d'inscription et de circonscription de secteurs circulaires, qui est employé pour carrer les deux spirales. Fermat, lui-même, déclare néanmoins sa quadrature très difficile. Elle l'était, en effet, pour l'époque, car avec les moyens dont on disposait alors, elle supposait la formule qui donne la somme des puissances semblables quelconques des termes d'une progression arithmétique. Ce problème, qui nous paraît si simple, faisait alors la croix des géomètres et Fermat en avait trouvé la solution (1).

## IV

Toutes les pièces publiées par M. de Waard mériteraient d'être passées en revue, si pareille analyse ne nous entraînait trop loin. Pour terminer je dirai, cependant, encore un mot du mémoire de Beaugrand sur la théorie des tangentes. Il est emprunté à un manuscrit du British Museum, qui appartint jadis à Thomas Hobbes et fut formé par lui. Je rappelle que le savant anglais séjourna dix ans à Paris, et qu'il y entretint des rapports suivis avec les mathématiciens français.

(1) Fermat possédait cette formule, dès 1636, comme on peut le conclure de sa lettre à Roberval, du 22 septembre de cette année (*Fermat*, t. II, p. 74). Il y était évidemment arrivé par une voie algébrique, qu'il ne nous fait d'ailleurs pas connaître.

Vers la même époque, Cavalieri découvrait la formule

$$(m+1)\lim. \sum_0^a x^m = a^{m+1}$$

qui lui rendait le même service. Voir mon article : *Un chapitre de l'Œuvre de Cavalieri*, publié dans MATHESIS, t. XXXVI, Bruxelles, Stevens, 1922, pp. 365-373 et 446-456. Les démonstrations de Cavalieri sont géométriques et basées sur sa méthode des indivisibles.

A propos de la formule précédente, je relève, chez M. de Waard, une faute d'impression, dans la note 1 de la page 149, mais elle est de nature à induire en erreur. Il y est dit, que Cavalieri ne trouva la formule pour $n = 4$ qu'après avoir reçu l'envoi de Beaugrand. Il faut lire $n = 5$. Cavalieri avait au contraire communiqué au géomètre français, par l'entremise de Nicéron, la solution pour $n = 4$. Beaugrand répondit en la généralisant et en montrant qu'elle était vraie pour $n = 5$ et au delà. Pour plus de détails, voir mon article de MATHESIS.

Peut-être, le lecteur s'étonnera-t-il de voir un mémoire de Beaugrand figurer parmi ceux de Fermat. Son étonnement redoublera même à la lecture de la pièce. Le ton y est personnel, suffisant, et le nom de Fermat n'est prononcé que tout à la fin ; encore ne l'est-il qu'une seule fois et comme celui d'un géomètre absolument quelconque.

Beaugrand essaie d'en imposer. Il pille Fermat. Mais, à ce propos, je ferai à M. de Waard un reproche : c'est de ne pas avoir reproduit intégralement dans le présent volume, la si érudite « Introduction » qu'il a écrite, en 1918, dans le BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES (1), quand, une première fois, il a publié le mémoire de Beaugrand. J'emprunte à cette « Introduction » plusieurs des détails qui suivent, tout en les complétant à l'occasion.

Comme Fermat, comme Viète, comme Carcavi, comme de Beaune, Jean de Beaugrand était magistrat. Il s'intéressait aux mathématiques et fut en relation avec les principaux géomètres de France et d'Italie, dont aucun ne contestait son talent. Mais, caractère désagréable, esprit chicanier, il finit par se brouiller avec la plupart d'entre eux. Cette brouille dégénéra même en querelle ouverte avec Descartes (2) et Desargues (3).

Pascal a donné de Beaugrand un portrait célèbre, mais méchant, où il le peint comme un modèle de plagiaire roué et sournois. Ecoutons-le (4) :

« En 1638, feu M^r de Beaugrand, dit-il, ayant ramassé les solutions du plan de la Roulette, dont il y avoit plusieurs copies, avec une excellente méthode *De Maximis et Minimis* de M^r de Fermat, il envoya l'un et l'autre à Galilée, sans

(1) T. LIII. Paris, Gauthier-Villars, 1918 ; pp. 157-177 et 327-328. L'article est intitulé : *Un écrit de Beaugrand sur la méthode des tangentes de Fermat à propos de celle de Descartes.*

(2) On trouvera d'intéressants détails sur cette querelle dans : *La correspondance de Descartes dans les inédits du fond Libri étudiée pour l'histoire des Mathématiques*, par Paul Tannery. Paris, Gauthier-Villars, 1893. Voir, notamment, le chap. III, pp. 27-35.

(3) Voir *Œuvres de Desargues réunies et analysées par M. Poudra*, t. II, Paris, Leiber, 1864 ; notamment pp. 355-380 ; et aussi t. I, pp. 354-355.

(4) Edit citée, t. VIII, pp. 197-198.

en nommer les autheurs. Il est vray qu'il ne dit pas precisément que cela fust de luy ; mais il écrivit de sorte qu'en n'y prenant pas garde de prés, il sembloit que ce n'estoit que par modestie qu'il n'y avoit pas mis son nom ; et pour deguiser un peu la chose, il changea les premiers noms de *Roulette* et *Trochoïde*, en celuy de *Cycloïde*. »

Pascal pousse les choses au noir. Il se trompe quand il dit que Beaugrand envoya à Galilée le problème du plan, ou de la quadrature de la Roulette. Beaugrand n'envoya pas davantage à Galilée le traité *De Maximis et Minimis* de Fermat. Mais, le philosophe de Port-Royal est parfaitement véridique quand il dit que Beaugrand connaissait ce traité. Il l'est encore, quand il insinue que le premier dépositaire des papiers de Fermat, abusant de la confiance du déposant, cherchait à les utiliser en cachette à son profit personnel.

Parlant ci-dessus de Carcavi, j'ai fait allusion aux habitudes de travail de Fermat. Mais avant de s'adresser à Carcavi pour revoir et classer ses papiers, le Toulousain eut recours aux bons offices de Beaugrand. Dans les premiers temps il lui témoigna beaucoup d'estime et de confiance. C'est ce que marque, par exemple, cet extrait d'une lettre à Mersenne du 26 avril 1636. Fermat y parle de son collaborateur en termes très sympathiques (1) :

« Vous m'obligerez beaucoup, dit-il, de me faire savoir si M. de Beaugrand est à Paris. C'est un homme duquel je fais une estime très singulière. Il a l'esprit merveilleusement inventif et je crois que sa *Géostatique* sera quelque chose de fort excellent. Je lui écrirai dès que vous m'aurez donné de ses nouvelles. »

La *Géostatique* (2), quand elle parut, fut pour Fermat une désillusion et un chagrin. Une désillusion, car elle lui prouvait qu'il avait surfait le talent de son ami. La *Géostatique* était un ouvrage médiocre.

(1) *Fermat*, t. II, pp. 4-5.

(2) M. de Waard en donne le titre dans le BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES, t. LIII, p. 160 : *Ioannis de Beaugrand Regis Franciae domui regnoque ac aerario sanctiori a consiliis secretisque Geostaticae seu de vario pondere gravium secundum varia a terrae (centro) intervalla Dissertatio mathematica.* Parisiis, apud Tussanum du Bray, viâ Iacobeaa, sub Spicis maturis. M.DC.XXXVI. In-folio de 27 pages. Je n'ai pas vu cet ouvrage.

Mais son apparition fut encore plus pour lui un chagrin, car l'auteur se vantait, dans la Préface, d'avoir trouvé une règle nouvelle et merveilleuse pour tracer les tangentes. Or, cette règle n'était autre que celle que Fermat avait donnée dans son traité *De Maximis et Minimis* (1), traité qu'il avait confié à la garde de Beaugrand. Il s'apercevait maintenant que le dépositaire en abusait.

Le géomètre de Toulouse en fut visiblement froissé. Lui, toujours si indifférent à ses droits d'invention et de priorité, ne put, cette fois, cacher son dépit. Il le manifesta notamment dans une lettre à Frenicle du 18 octobre 1640 (2). Ne craignez pas, lui dit-il, que j'use de vos découvertes « comme quelqu'un de ceux du lieu où vous êtes (Beaugrand), qui s'attribue impunément les inventions d'autrui après qu'elles lui ont été communiquées ».

Tel était Beaugrand. Après cela, personne ne s'étonnera outre mesure des infidélités qu'il commit à l'occasion de ses rapports avec Thomas Hobbes. Si Beaugrand se fût contenté de faire part des démonstrations de Fermat au géomètre anglais, loin d'en être contrarié, le Toulousain en eût été flatté. Ce qu'avec raison il ne pardonne pas à son dépositaire, c'est d'avoir fait croire à Hobbes, qu'il était, lui Beaugrand, l'adroit et subtil auteur de ces beaux théorèmes.

Et voilà, en résumé, ce qui explique comment un mémoire de Fermat se trouve aujourd'hui au British Museum, sous le nom de Beaugrand, parmi les papiers de Thomas Hobbes (3).

Dans la pièce, telle que M. de Waard la publie, la dernière rédaction est de Beaugrand. Quant aux démonstrations elles-mêmes, nul doute qu'elles ne soient de Fermat. Que l'on compare, pour s'en convaincre, la construction de la tangente en un point de l'ellipse, telle que la donne ici Beaugrand, avec le même problème traité par Fermat dans son

(1) *Fermat*, t. I, pp. 133-136. *Methodus ad disquirendam maximam et minimam*. Fermat y formule au long sa règle.

(2) *Fermat*, t. II, p. 207.

(3) Beaugrand intitule son mémoire : *De la manière de trouver les tangentes des lignes courbes par l'algèbre et des imperfections de celle du s(ieur) des C(artes)*. Voir *Supplément*, p. 102.

*Ad eamdem Methodum* (1) ; — ou bien encore la construction de la tangente à la Conchoïde de Nicomède, avec celle qui se lit dans l'*Ad Methodum de Maximis et Minimis Appendix* (2) de Fermat. L'analogie est ici d'autant plus frappante que la Conchoïde est de part et d'autre définie, du moins équivalemment, en coordonnées polaires, ce qui à cette époque est encore très exceptionnel.

Chose tout à l'honneur de Fermat — et je ne puis m'empêcher d'en faire la remarque pour terminer — s'il se refroidit envers Beaugrand, s'il lui retira sa confiance, il ne se brouilla pas avec lui ; bien différent en cela de Desargues et de Descartes, qui, par leurs mauvais procédés, se firent de Beaugrand, en des circonstances analogues, un ennemi irréconciliable. Après un mouvement d'humeur, le prince des mathématiciens de la France et de l'Europe entière se montra en définitive, cette fois, comme toujours, désintéressé et modeste (3).

H. BOSMANS.

## II

## CLAIRAUT ET CARNOT

*(Suite)* (4)

—

Les confrères de Clairaut à l'Académie avaient pu s'étonner, en 1741, que le premier livre donné par lui au public depuis son entrée en leur docte Compagnie fût ces modestes *Éléments de Géométrie*. Cela put leur paraître une condescendance aux goûts alors de mode. Depuis longtemps, en effet,

(1) *Fermat*, t. I, pp. 140-147. Il s'agit de la méthode de Maximis et Minimis et du Mémoire qui commence par les mots : « Volo meâ methodo ».

(2) *Fermat*, t. I, pp. 153-158. Le premier volume des *Œuvres de Fermat* contient neuf mémoires sur la méthode De Maximis et de Minimis. Le *Supplément* en a trois autres, et même quatre en y ajoutant le mémoire de Beaugrand sur la construction des tangentes.

(3) On trouve plusieurs renseignements sur Beaugrand et notamment sur sa *Géostatique*, dans les *Origines de la Statique*, par Pierre Duhem. Paris, Hermann, 1905 et 1906, aux endroits indiqués à la fin du tome II, dans la Table des noms propres.

*Les Origines de la Statique*, on se le rappelle, parurent dans la REV. DES QUEST. SCIENT. de 1903 à 1906, tt. LIV et LVI-LX.

(4) Voir pages 166-191. — En cet article précédent, quelques

le règne de la Géométrie en France avait franchi les enceintes savantes, et il était devenu de bon ton, même pour les dames, de se montrer fasciné de l'éclat d'une science illustrée par les noms de Descartes, de Pascal et de Newton : « toutes les femmes brillantes de la Cour et de la Ville voulaient avoir un Géomètre à leur suite (1). » On savait que la marquise du Châtelet se disait la disciple de Clairaut, surtout depuis la fameuse expédition aux régions polaires : plusieurs pensèrent que le savant astronome eût bien fait de relire l'histoire de Dalila et de Samson ; ils ignoraient que la marquise approfondissait les *Principia* de Newton. D'autres, plus simplement, se dirent que le fils de Jean-Baptiste Clairaut allait confirmer la règle des enfants prodiges : d'ordinaire, si un jeune talent, élevé dans une atmosphère surchauffée, manifeste une précocité très anormale, plus tard, parvenu à l'âge habituel de la maturité, il témoignera d'une sève active encore, mais impuissante à produire les fruits merveilleux attendus. Bientôt cependant les amis de Clairaut furent complètement rassurés. Dans le courant de l'année 1742, le savant géomètre lut en diverses séances de l'Académie des Sciences des chapitres du magistral traité qu'il allait publier sur la figure de la Terre (2).

Du reste, au cours même de son expédition au Cercle arctique, l'auteur avait préludé à la publication de l'ouvrage qu'il méditait, en adressant, du fond de la Laponie, un Mémoire à la Société Royale de Londres, qui l'inséra aussitôt en ses TRANSACTIONS PHILOSOPHIQUES ; de retour à Paris, il rédigea et lui envoya un second Mémoire, que le même Recueil nous a conservé. Ces Mémoires, sur un sujet dont l'étude avait été inaugurée par Newton, étaient le premier jet du livre prochain, et s'il plaisait à Clairaut de les offrir à la Société Royale, c'était pour rendre hommage à une Société dont Newton avait été le membre le plus illustre (3).

erreurs de plume nous ont échappé, en des données d'ailleurs assez connues : page 167, ligne 17, lire 1727 et non 1723 ; page 172, lignes 15 et 17, lire 1/230 et non 1/250 ; page 183, ligne 9 de la note 2, lire 1677 et non 1674 ; page 170, ligne 1, lire t. VI et non t. IV.

(1) *Correspondance littéraire, philosophique et critique*, par Grimm et Diderot : article de juin 1765, par Diderot.

(2) ACAD. DES SC., HIST., ann. 1742, pp. 86-104.

(3) Clairaut était membre lui-même de la Société Royale. — Dans le premier Mémoire (PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS, n. 445,

Les divers théorèmes qu'il y établissait, il les reprendra en son ouvrage, et leur donnera des démonstrations plus rigoureuses, en même temps que plus simples et plus générales.

En 1743, le livre parut. Le titre en indiquait l'esprit : *Théorie de la Figure de la Terre, tirée des principes de l'Hydrostatique* (1). L'ouvrage s'ouvre par une belle Introduction historique. Il surpasse en richesse et en élégance mathématiques la pièce, toute récente alors et justement admirée, toute de Géométrie synthétique, consacrée par Mac-Laurin aux attractions des sphéroïdes elliptiques de révolution (2).

pp. 19-25, janv.-juin 1737), écrit en latin, Clairaut établit la légitimité d'une hypothèse admise provisoirement par Newton : l'hypothèse que la forme ellipsoïdale satisfait à l'équilibre d'une masse fluide homogène en rotation, étant données les lois de la Gravitation et de la force centrifuge. Au sujet de ce Mémoire, il s'excusa plus tard auprès de la Société (en son Mémoire de 1738) de n'avoir pas eu connaissance, au moment où il l'écrivait « dans les lointaines régions de la Zone glaciale », d'un Mémoire antérieur, sur le même objet, du savant écossais James Stirling, inséré dans les PHILOSOPHICAL TRANSACTIONS de juillet-septembre 1735 (ce volume des TRANSACTIONS fut publié en 1738). Dans son second Mémoire, donné en anglais dans les PHILOS. TRANSACT., n. 449, pp. 277-306, août-sept. 1738, Clairaut étudie l'hypothèse, non examinée par Newton, d'une masse sphéroïdale non homogène, en rotation, formée de couches dont les densités varient depuis le centre du corps jusqu'à la surface. Observons que Clairaut donna à l'Académie des Sciences de Paris, dès 1739 (MÉMOIRES DE L'ACAD., ann. 1739, pp. 83-96) un Mémoire relatif à la *Détermination géométrique de la Perpendiculaire à la Méridienne :* nous dirions aujourd'hui relatif aux courbes géodésiques de la surface d'un ellipsoïde de révolution ; il faisait suite à un Mémoire qu'il avait donné dès 1733.

(1) A Paris, chez Denis fils, 1743, x-305 pp., outre la Table. Une seconde édition, identique à la première, même en sa pagination, a paru, en 1808, à Paris, chez Courcier, par les soins du géomètre Poisson, peut-être à la prière de Laplace, qui avait publié peu avant, en 1799, le Livre III, sur la Figure des corps célestes, de sa *Mécanique céleste :* voyez le Catalogue des travaux de Poisson, rédigé par lui-même (à la suite de la Notice sur Poisson par Arago, *Œuvres d'Arago*, t. II, 1854). — Une étude analytique du livre de Clairaut et de ses autres travaux sur le même objet a été faite par Isaac Todhunter, dans *A History of the Mathematical Theories of Attraction and the Figure of the Earth* (Londres, 1873, deux vol.), t. II, pp. 83-92 et 180-230.

(2) Mac-Laurin, *A Treatise of Fluxions*, Édimbourg, 1742, t. II, pp. 522-566.

Clairaut donne aux résultats et aux démonstrations de ses devanciers, — Newton, Stirling, Mac-Laurin, Simpson, — une forme définitive, mais il va bien plus loin qu'eux tous. Il établit les équations jusque alors inconnues de l'équilibre d'une masse sphéroïdale en rotation ; il analyse le cas d'une masse homogène, selon l'hypothèse simplificatrice de Newton, puis le cas d'une masse hétérogène, formée soit de couches fluides à densités variant selon des lois quelconques, soit d'un noyau solide, lui-même constitué de couches hétérogènes et recouvert de couches fluides diverses ; il suppose les molécules de la masse soumises à une attraction mutuelle suivant une loi quelconque. Il applique ensuite les formules obtenues à la Terre et en supposant toutes ses parties soumises à la gravité newtonienne : il montre que l'équilibre est satisfait, en ce cas, si les couches de la masse hétérogène en rotation sont elliptiques, et même en nombre infini. Il obtient de beaux théorèmes, ainsi que des formules pour le calcul des ellipticités des couches et pour le calcul de la pesanteur à la surface extérieure (1). Il termine son livre en appliquant ses formules au calcul de l'aplatissement polaire du globe terrestre, supposé originalement fluide : elles indiquent un aplatissement inférieur à 1/231 ; la valeur maximum 1/231 répond à l'hypothèse, contraire à la réalité, où la Terre serait d'égale densité en toutes ses parties (2).

(1) Laplace, en sa *Mécanique céleste* (t. V, paru en 1825), ouvre le Livre XI, consacré à la figure et à la rotation de la Terre, par une notice historique, où il se plaît à analyser et à louer l'ouvrage de Clairaut. Il aime à signaler ce théorème de Clairaut : Si l'on appelle E l'*ellipticité*, ou l'excès de l'axe équatorial sur l'axe polaire, celui-ci étant pris pour unité ; C, l'excès de la pesanteur aux pôles sur la pesanteur à l'équateur, celle-ci étant prise pour unité de pesanteur ; K, le rapport de la force centrifuge à l'équateur à cette unité de pesanteur ; on aura, en toutes les hypothèses que l'on peut faire sur la constitution intérieure de la Terre, la relation constante : $2(E + C) = 5K$. Laplace note aussi cet autre résultat remarquable de Clairaut : L'accroissement de la pesanteur, quand on va de l'équateur aux pôles, est le produit de la constante C (dite Constante de Clairaut) par le carré du sinus de la latitude.

(2) La comparaison entre le degré de Laponie, mesuré par Clairaut et Maupertuis, et le degré de France, donne pour l'aplatissement polaire la valeur 1/178, qui contredit la théorie de Clairaut. Mais Clairaut observe que, pour retrouver l'aplatissement de 1/231, il

Rappelons qu'aujourd'hui Astronomes et Physiciens admettent volontiers la valeur 1/297, et la théorie de Clairaut est ainsi confirmée.

Newton avait fait le premier pas dans la théorie des Figures d'équilibre d'un fluide en rotation, pas immense, observe Laplace, étant données la nouveauté et les difficultés du sujet : le mérite du livre de Clairaut a été de tracer, avec une certi-

suffirait de reconnaître dans les opérations des erreurs relativement minimes, qui amenassent à retrancher de la différence entre les degrés de Tornéo et de Paris à peine 60 toises. D'autre part, Laplace (*Méc. cél.*, t. II, publié en l'an VII, ou 1798-1799, Liv. III, n. 41) note que les opérations de Laponie ont été trop bien exécutées pour admettre une erreur considérable, et il voit dans cette trop forte valeur de l'aplatissement, déduite de la comparaison des arcs mesurés en divers lieux, une confirmation du fait que « la Terre s'écarte sensiblement de la forme elliptique ». — Au début du XIXe siècle, les astronomes suédois Svanberg, Directeur de l'Observatoire de Stockholm, et Ofverbom ont exécuté, par ordre et aux frais de l'État suédois, une nouvelle mesure de l'arc de Laponie ; Tornéo était la ville natale de Svanberg. Munis d'instruments donnés par l'Institut de France, notamment d'un cercle répétiteur de Borda, et appliquant les méthodes de Delambre, ils mesurèrent sur la glace du fleuve Tornéo un arc d'une amplitude presque double de l'arc français, et obtinrent pour la longueur du degré environ 108 toises de moins que Clairaut et Maupertuis, les Français ayant fait une erreur (d'après Svanberg) de 10″ à 12″ dans la mesure de leur arc céleste. — Voyez *Exposition des Opérations faites en Laponie, pour la détermination d'un arc du méridien, en* 1801, 1802 *et* 1803, *rédigée par Jons Svanberg*, avec un *Discours préliminaire*, Stockholm, 1805, XXXI-196 pages. Le récit des opérations est résumé par Voiron, *Hist. de l'Astronomie, de* 1781 *à* 1811, *pour servir de suite à l'Hist. de l'Astr. de Bailly*, Paris, 1811, pp. 283-294. La critique scientifique des opérations suédoises a été faite par Delambre : *Connaissance des Temps pour* 1808, pp. 469 et suiv., et Notice par le même sur *Maupertuis* dans la *Biographie univers.* de Michaud, seconde édit.; Svanberg ayant mesuré un arc céleste d'une amplitude presque double de l'ancien, la différence des résultats s'explique en partie par ce fait et en partie par les irrégularités de la Terre. Il est vrai que Svanberg, en comparant son degré de Laponie au degré de France, puis au degré du Pérou, trouve pour l'aplatissement polaire les valeurs 1/307 et 1/334, qui sont plus admissibles que la valeur 1/178 : celle-ci paraît avoir déjà choqué Maupertuis lui-même, au point de l'avoir fait songer parfois, d'après Lalande (*Bibliographie astronom.*, pp. 407 et 811 ; cf. *ibid.*, p. 871), à recommencer un jour ses opérations en Laponie.

tude, une précision et une clarté parfaites, les grandes lignes définitives de cette théorie. Laplace et Legendre consacreront à cette matière de nouvelles recherches ; mais il faudra, entre le travail de Clairaut et celui de Jacobi, près d'un siècle d'attente. En 1834, à l'étonnement de tous, Jacobi montrera la possibilité, dans le cas d'une masse fluide homogène en rotation, de figures d'équilibre, non plus de révolution, comme les ellipsoïdes de Mac-Laurin et de Clairaut, mais constituées par des ellipsoïdes à trois axes inégaux, tournant autour du petit axe. Puis viendra Henri Poincaré, qui, en 1884, montrera le lien entre les diverses formes ellipsoïdales admises par l'équilibre de cette masse, et aussi entre ces formes et d'autres figures d'équilibre très étranges, qui en dérivent, telles que les surfaces piriformes, les surfaces en forme d'haltères, les surfaces à étranglements, etc. Le livre de Clairaut apparaît comme une introduction, digne de rester classique, à cette vaste théorie des Figures d'équilibre d'un fluide en rotation : vaste, en effet, car elle intéresse à la fois la Mécanique générale et la Mécanique céleste ; celle-ci attend de cette théorie la solution de nombreux problèmes de Cosmogonie : cosmogonie des Planètes, des Satellites, de l'anneau de Saturne, et même des Nébuleuses (1).

(1) Les travaux anciens de Newton à Laplace et à Legendre, puis de Jacobi à Poincaré ; les recherches faites par Poincaré (publiées par lui au tome VII des ACTA MATHEMATICA, en 1885, puis dans ses *Leçons sur les Figures d'une masse fluide*, Paris, 1885) et par Liapounoff (1884), travaillant à l'insu l'un de l'autre sur le même sujet, l'un à Paris, l'autre en Russie ; les travaux de Tait et Thomson (Cambridge, 1883), de Mme Kowalewski, sur l'anneau de Saturne (communiqués à l'Université de Göttingen en 1874), d'Alexandre Véronnet (1912) et de Pierre Humbert (1918), pour ne citer que ces noms, sont exposés dans la belle étude historique d'Alex. Véronnet, *Les Figures d'équilibre d'un liquide en rotation*, publiée par la REV. DES SC. PURES ET APPLIQUÉES d'Olivier, 15 juin 1921 (pp. 325-330); voyez aussi BULLETIN ASTRONOMIQUE, Paris, janv. 1922, p. 45, où A. V. remarque, en finissant, que tout semble indiquer que les étoiles doubles et les systèmes multiples ne proviennent pas du fractionnement d'étoiles simples. Voyez, dans la même REVUE d'Olivier (déc. 1892), l'article de Poincaré sur *Les Formes d'équilibre d'une masse fluide en rotation*. Peu avant Véronnet, Paul Appell, avec le talent et la clarté qu'on lui connaît et avec

En ce même livre sur *La Figure de la Terre*, Clairaut, chemin faisant, avait rattaché à ses chapitres sur l'Hydrostatique l'étude des phénomènes offerts par les liquides dans les tubes capillaires. Ce « grand géomètre » — l'expression est de Laplace — fut ainsi « le premier » à soumettre à une analyse mathématique exacte ces curieux phénomènes de Physique, qui avaient déjà occupé Newton en un endroit de son *Optique* (Question 31). Clairaut avait vu de suite que la loi de la Gravitation universelle n'est plus observée dans l'attraction moléculaire, et il avait essayé une loi où l'attraction décroît plus rapidement et n'est, dit-il, sensible qu'à une très petite distance. Il n'aboutit qu'à édifier une théorie insuffisante. Il fallut attendre qu'au début du siècle suivant Laplace arrivât à établir sur de nouveaux fondements une théorie de la capillarité, qui est restée confirmée par les observations des Physiciens (1).

La publication de la *Théorie de la Figure de la Terre*, en 1743, avait mis Clairaut au premier rang des Géomètres de son époque. N'avait-il pas, en composant cette œuvre

sa haute autorité, avait donné dans l'ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES POUR 1919 une notice (60 pp., dont 8 d'une bibliographie de travaux postérieurs à 1860), infiniment instructive : *Figures d'équilibre relatif d'un liquide homogène en rotation ;* lui-même a collaboré à l'œuvre qu'il décrit. En 1921, Appell a donné aux Mathématiciens le tome IV de son *Traité de Mécanique rationnelle*, tome consacré en entier (297 pp.) à ces Figures d'équilibre.

(1) Cette théorie est l'objet d'un *Supplément au Livre X de la Mécanique céleste*, publié par Laplace en 1806, un an après ce Livre X, et qui fut suivi lui-même d'un second *Supplément*. On louera M. Solovine de son heureuse idée d'inscrire ces *Suppléments* parmi les ouvrages qui paraîtront successivement dans sa Collection « Les Maîtres de la Pensée scientifique ». Dans la théorie des phénomènes de cohésion et de capillarité, on admet une discontinuité de l'attraction : les molécules obéissent non seulement à l'Attraction universelle, mais encore à d'autres forces attractives dont l'action cesse d'être sensible à une distance très petite, appelée la limite de l'activité moléculaire. En d'autres termes, les équations de l'Attraction newtonienne doivent être munies d'un terme complémentaire, exprimant les actions qui s'exercent entre éléments très peu distants, et à son tour la formule des actions capillaires ainsi obtenue doit, si l'on électrise la masse liquide, se compléter pour qu'il soit tenu compte des forces nouvelles agissant entre particules électrisées.

magistrale, obtenu par la seule force de sa plume des résultats d'une richesse et d'une précision telles que son livre valait à lui seul, au jugement de certains, autant d'expéditions en Laponie qu'on voudra ? Clairaut avait trente ans. Tout lui promettait une de ces carrières glorieuses qui commandent l'admiration du public, tout semblait annoncer qu'il s'immortaliserait par quelque théorie capitale. Mais, nous l'avons dit, Clairaut avait de bonne heure orienté sa vie de savant dans une autre direction, d'un moindre éclat, mais non moins utile au progrès scientifique : il songeait moins à reculer les frontières de nos connaissances qu'à explorer et à mettre en valeur les domaines récemment acquis à la Science. Le XVII^e siècle, préparé du reste par l'œuvre immortelle de Copernic, avait été le siècle des fondateurs des Sciences physiques modernes, le siècle de Galilée et de Kepler, de François Bacon et de Descartes, de Pascal et de Fermat, de Huygens, de Newton et de Leibniz. Or, parmi les quatre grandes théories scientifiques constituées par ces savants illustres sur des bases désormais et en un certain sens inébranlables, — la théorie du Calcul infinitésimal, les principes de la Mécanique rationnelle, la loi de l'Attraction universelle et la doctrine mathématique de l'Optique (1), — nous savons que c'est à la théorie de l'Attraction universelle que Clairaut avait décidé de consacrer son talent et ses labeurs, et nous avons vu son livre sur la *Figure de la Terre* marquer la première étape de la carrière qu'il s'était tracée de bonne heure.

Deux siècles auparavant, en 1543, avait paru à Nuremberg le *De Revolutionibus corporum coelestium* du fondateur de l'Astronomie moderne, Copernic : ressuscitant l'idée antique de Pythagore, l'hypothèse nouvelle allait, suivant les termes enthousiastes de Tycho-Brahé, « arrêter le Soleil en sa course à travers le Ciel, faire circuler autour de lui la Terre, jusque-là immobile, et intimer à l'Olympe transformé ses lois vraies ». Mais il fallut attendre le siècle suivant, le siècle ouvert par Galilée, avant que l'hypothèse copernicienne obtînt droit

(1) Voyez dans l'*Histoire générale* de Lavisse et Rambaud, au t. VI (1895), pp. 394-430, l'esquisse intitulée *Les Sciences en Europe, de 1648 à 1715*, signée de Paul Tannery.

de cité dans la Science. Les longues querelles qu'elle suscita, s'expliquent aisément : en son livre, qui au surplus heurtait de front les traditions scientifiques aristotéliciennes et les doctrines habituelles des exégètes de nos Livres Saints, Copernic n'apportait d'autre preuve de la vérité de sa thèse que la simplicité de son système et l'extrême complication du système de Ptolémée ; aussi avait-il tenu vingt ans sur le chantier cette œuvre, qu'il sentait insuffisamment étayée. Les preuves vinrent enfin : la lunette d'approche, maniée par Galilée, apporta les premières, et irrécusables (1). Un siècle et demi après le *De Revolutionibus* de Copernic, Newton publia son *Philosophiae naturalis Principia mathematica :* lui aussi, il n'avait composé son livre qu'au prix de vingt ans de méditations ; ce fut le 28 avril 1687 qu'il en remit le manuscrit à la Société Royale de Londres. Mais, aussi bien que la doctrine copernicienne, la doctrine newtonienne n'arriva qu'au prix d'une longue et rude bataille à régner sans conteste. Atomistes et cartésiens résistèrent à outrance. Du reste, tout entier, le XVIII^e siècle constitua un vaste tournant de l'histoire des Sciences de la Nature : ce changement d'orientation, ce fut le livre de Newton qui le détermina, comme ce furent les idées et les méthodes newtoniennes qui le guidèrent et l'amenèrent à bon terme. Parmi les quelques noms de savants qui s'échelonnent entre les deux noms, illustres à jamais, de Newton et de Laplace, celui de Clairaut nous rappelle le représentant attitré de l'esprit newtonien le plus pur. Après avoir lu son livre sur

(1) Construite par Galilée, la première lunette astronomique grossissait *linéairement* 30 fois : rendant les *surfaces* apparentes des astres 900 fois plus grandes qu'à l'œil nu, elle fit aussitôt découvrir les phases de Vénus, les 4 satellites de Jupiter, les taches du Soleil, la rotation de cet astre, les variations du diamètre apparent des planètes, variations nécessairement proportionnelles aux distances, etc. Au siècle suivant, Bradley découvre dans l'Aberration des étoiles une preuve directe du mouvement annuel de la Terre (PHILOSOPH. TRANSACTIONS, 1728, p. 637), ce léger dérangement apparent des étoiles sur la voûte céleste (20″,2 d'arc) étant dû à la composition du mouvement de propagation de la lumière et du mouvement de translation de la Terre autour du Soleil ; Clairaut présenta dès 1737 à l'Académie des Sciences un Mémoire important sur ce sujet (HIST., 1737, p. 76, et MÉM., même année, p. 205).

la Figure de la Terre, il y a intérêt à feuilleter l'œuvre de Clairaut, telle qu'elle est disséminée dans l'HISTOIRE et dans les MÉMOIRES de l'Académie des Sciences et dans le JOURNAL DES SAVANTS, si l'on aime de suivre certaines péripéties de cette lutte, où il fut le jouteur constant et l'un des principaux artisans de la victoire.

Ce n'est point qu'au cours de ses travaux sur la Mécanique céleste, Clairaut se soit fait de Newton un dieu ou se soit rendu l'esclave d'un nouveau *Magister dixit*. Au contraire, si par exemple il commente, vers 1745, la traduction française des *Principes* de Newton faite par la marquise du Châtelet, il ne croit pas manquer de respect à l'immortel géomètre en témoignant d'un esprit libre et indépendant : tantôt il déclare Newton « fort blâmable » pour avoir déguisé ses méthodes de calcul, qui étaient l'Analyse infinitésimale, sous de pénibles raisonnements de Géométrie synthétique, selon les formes chères aux Anciens ; tantôt il se refuse à accepter certaines affirmations, d'ailleurs peu catégoriques, de son auteur (1). Bien plus, en 1747, lorsqu'au cours de ses immenses calculs, destinés à la vérification de l'accord entre l'observation des inégalités du mouvement de la Lune et la théorie de Newton, ses premiers résultats sembleront contredire cet accord désiré, on verra Clairaut témoigner devant l'Académie qu'il ne croit point infaillible l'énoncé de la loi newtonienne de l'Attraction.

On a beaucoup écrit sur la Philosophie de Newton (2).

(1) *Principes mathématiques de la Philosophie naturelle.* Cette traduction, œuvre posthume de Mme du Châtelet, parut en 1756. — Maximilien Marie, en son *Histoire des Sciences Mathém. et Phys.* (tome VI, 1885, pp. 6-92 ; voyez aussi tome V, 1884, pp. 171-182), analyse le livre de Newton d'après cette traduction française. Au sujet de points critiqués par Clairaut, voyez tome V, pp. 176, 178, 181, et tome VI, pp. 61, 69, 80 ; Clairaut avait fait ces mêmes critiques dans les préambules de son Discours *Du système du monde dans les principes de l'Attraction universelle*, lu à l'Académie en séance publique le 15 novembre 1747 (ACAD. DES SC., MÉM., année 1745, vol. publié en 1749, p. 329).

(2) Le livre de Léon Bloch, précisément intitulé *La Philosophie de Newton*, Paris, 1908, restera une étude de premier ordre. Nous n'envisagerons les idées philosophiques de Newton qu'en ce qui concerne l'Attraction universelle et sa loi, c'est-à-dire en ce qui

Au surplus, l'année 1927, qui va marquer le deuxième centenaire de la mort de cet homme de génie et, en même temps, le premier centenaire de la mort du plus illustre des continuateurs de son œuvre, Laplace, amènera peut-être — la commémoration des centenaires étant fort de mode aujourd'hui — une nouvelle efflorescence, sur le sol anglais et sur le sol français, de publications au sujet des doctrines newtoniennes (1). Quel que soit le mérite d'études récentes et on ne peut plus autorisées, consacrées à cet objet, ou plutôt à cause même de leur justesse, ces études ne paraissent que redire les idées qui, durant plus de trente années, guidèrent la plume de Clairaut. Ce géomètre, chez qui plus que chez personne le style c'est l'homme, excelle en précision et en clarté dans l'exposé et dans la défense des idées de Newton, comme en loyauté à l'égard des doctrines adverses : c'est plaisir de le lire rendant compte de « la grande révolution dans la Physique, dont l'époque a été marquée par le livre des Principes ».

A l'heure présente, des savants très avertis nous apportent

concerne l'œuvre newtonienne représentée par son livre, les *Principia*, de 1687, mais bien entendu avec les retouches ou explications ultérieures de l'auteur. A ce point de vue, on relira certains chapitres de *La Théorie physique, son objet et sa structure*, par Pierre Duhem, Paris, 1906, et des deux ouvrages de Léon Brunschvicg, *Les Étapes de la Philosophie mathématique*, Paris, 1912, et *L'Expérience humaine et la Causalité physique*, Paris, 1922. La Notice consacrée à *Newton* par J.-B. Biot dans la *Biographie universelle* de Michaud (1re et 2e éditions), et reproduite avec des additions dans les *Mélanges scientifiques et littéraires* de Biot, t. I, 1858, pp. 123-236 (voy. aussi *ibid.*, pp. 237-290), et surtout l'*Exposition du système du monde* de Laplace, dont la première édition remonte à 1796, conservent, au point de vue historique et au point de vue philosophique, un inappréciable intérêt dans l'étude des doctrines de Newton. — Voy. aussi F. Enriquez, *Per la Storia della Logica*, Bologne, 1922, chap. II, n. 16 : Il sistema di Newton e la disfette del razionalismo metafisico.

(1) Newton mourut le 20 mars 1727 ; il était né le jour de Noël de l'an 1642 (vieux style), année de la mort de Galilée. Nous avons rappelé ici même naguère que l'auteur de la *Mécanique céleste* et de la *Théorie analytique des Probabilités* quitta ce monde le 5 mars 1827, un siècle presque jour pour jour après le grand Newton, par une coïncidence que le Calcul des Probabilités eût été bien impuissant à lui prédire. Le hasard est fécond en étranges rencontres de dates

en d'excellentes rééditions, fort bien reçues du public, quelques-unes des œuvres des plus célèbres représentants de l'École newtonienne : Clairaut, d'Alembert, Euler, ces trois gloires du XVIIIe siècle ; Laplace, qui illustra le seuil du siècle suivant ; enfin André-Marie Ampère, le plus newtonien des Physiciens. Il ne déplaira pas au lecteur qu'en cette étude sur Clairaut nous nous arrêtions à décrire cet esprit nouveau, dont Clairaut ne fut que le plus pur représentant. Nous essayerons donc de redire, en des termes empruntés presque autant aux écrits de Clairaut qu'aux études de nos contemporains, la transformation des idées et des méthodes qui s'opéra durant le XVIIIe siècle dans les sciences physiques.

Assez généralement, dans les temps qui précédèrent Newton, le savant, mis en présence des problèmes de la Nature, se préoccupait de bonne heure et presque avant tout du côté métaphysique de la science qu'il édifiait. Il demandait ses idées de fond et ses principes aux résultats de la Métaphysique, fût-ce même, à l'exemple de Descartes, aux vérités éternelles et à la Théodicée : sur ces bases, il construisait par la méthode déductive tous ses raisonnements, et le syllogisme sous ses formes les plus sévères lui plaisait fort. Surtout, il avait hâte de formuler, parfois avant l'observation et l'analyse vraiment scientifiques des faits, ses *hypothèses* d'ordre philosophique, c'est-à-dire les conjectures de son esprit sur la nature des causes primordiales des phénomènes (1). La théorie des Tourbillons, de Descartes, « l'une des plus belles et des plus ingénieuses hypothèses que la Philosophie ait jamais imaginées », — c'est ainsi que d'Alembert salue encore en plein XVIIIe siècle, avec une courtoisie affectée, cette théorie « séduisante » (2), — n'était elle-même qu'une de ces pures hypothèses, et qui ne se prêtait point aux vérifications précises et ne pouvait attendre de confirmation rigoureuse. Ce n'est point que, de ce temps-là, les hommes de science aient oublié l'exemple d'Aristote même, qui fit de l'observation de la nature une de ses constantes préoccupations et n'en méconnaissait pas l'utilité dans la

(1) Ce terme, *Hypothèse*, reçoit souvent d'autres acceptions dans la langue scientifique.

(2) *Encyclopédie*, tome I (1751) : *Discours préliminaire*, p. XXVI.

recherche effective des causes (1). Mais, au temps de Descartes, l'outillage matériel des Physiciens et des Astronomes était très imparfait encore et, par suite, l'art de fournir aux sciences d'observation des mesures exactes de phénomènes souvent infiniment délicats avait encore beaucoup à progresser ; aussi, les esprits n'étaient point prêts, alors, à substituer aux commodes hypothèses de qualités occultes et de causes substantielles la considération des lois numériques et de leurs formules sèches et nues.

En 1686, Newton se présente, « à qui la route a été préparée par Huygens » (2). Il vient à son heure. Bon nombre de ses contemporains sont prédisposés à accepter son livre et à défendre ses doctrines. Galilée et Pascal ont quitté ce monde, l'un il y a un demi-siècle, l'autre il y a un quart de siècle, mais l'influence posthume de ces deux hommes de génie se poursuit. On commence à comprendre que, si Galilée a reconnu et formulé les lois de la pesanteur, et, sur ce point, a arrêté là sa découverte, impuissant à nous faire reconnaître la nature de cette force, cette œuvre n'en est pas moins magnifique, ni la méthode scientifique qui l'a fournie, moins excellente à suivre. Quant à Pascal, plusieurs le louent de ce qu'à ses yeux, « les expériences sont les seuls principes de la Physique » (3). Du reste, les sociétés savantes s'organisent : à Paris, l'Académie des Sciences s'est fondée, à Londres la Société Royale; les lunettes sont appliquées à la mesure des angles et les observations les plus médiocres surpassent en précision celles de Tycho-Brahé ; les grands Observatoires se sont construits ; Halley, Richer et d'autres transportent en des voyages scientifiques lointains des instruments délicats ; le plus admirable mathématicien et physicien hollandais, Huygens, invité par Colbert à se fixer à Paris, y écrit son *De Motu corporum et Vi centrifugâ* (1669), qu'il communique à la Société Royale et où il établit le principe de la conservation des forces vives, puis son *Horologium oscillatorium* (1673), qu'il dédie à Louis XIV et où la dyna-

(1) Léon Bloch, *ouvr. cité*, chap. VIII.

(2) D'Alembert, *Discours préliminaire* cité.

(3) Fragment d'une Préface pour le *Traité du Vide*, dans les *Œuvres* de Pascal, tome II (1908), p. 136.

mique des systèmes de points prend corps. D'autre part, à travers tout le XVII^e siècle, des précurseurs de Leibniz et de Newton dans l'invention du Calcul infinitésimal n'ont cessé de semer de nouveaux germes, heureux et féconds, de la science des infiniment petits, et voici que le 1^er octobre 1684, dans les ACTA ERUDITORUM de Leipzig, Leibniz publie sa découverte : il possédait depuis au moins sept ans ce Calcul nouveau, que Newton avait lui aussi inventé, vers 1667, mais tenait encore caché.

C'est donc sur une scène qui lui est préparée, que le livre de Newton paraît (1). Le livre apporte aux savants l'esprit nouveau, que plusieurs d'entre eux attendaient : François Bacon en avait été le héraut, mais lointain. Les idées maîtresses de Newton se formulent, semble-t-il, comme il suit. A la base de toute recherche dans la science de la Nature, Newton place l'observation : l'examen attentif et la description des faits et des choses, et la mesure exacte de tout ce qui est susceptible d'être mesuré. Dans la Physique, soit terrestre, soit céleste, les faits sont, en général, des phénomènes de mouvement : le mouvement s'accomplit dans l'espace et dans le temps, et ses deux éléments constitutifs, déplacement et durée, sont mesurables. Parti de l'observation,

(1) Rappelons, avec L. Brunschvicg (*Les Étapes de la Philosophie mathématique*, pp. 188 et suiv.), qu'il y a exagération à voir dans la victoire que l'école newtonienne remportera sur l'école cartésienne dans le domaine de la Physique et dans le domaine de la Mathématique, un véritable avènement de l'empirisme, comme si le souci de l'expérience avait été jusque-là chose presque neuve. La première moitié du XVII^e siècle, en dépit du triomphe de l'esprit cartésien, offre bon nombre de savants de haute autorité résolument anti-cartésiens : autour de Mersenne, se groupaient Fermat, Roberval, Gassendi, Étienne, Blaise Pascal, tous préoccupés d'emprunter à l'expérience les ressources nécessaires pour dépasser l'expérience, tous faisant de l'induction la préface du raisonnement déductif, et aimant à opposer le « mathématisme expérimental » de Galilée au « mathématisme métaphysique » de Descartes. Du reste, le vrai Descartes, non le Descartes de la légende, manifestait le souci perpétuel de l'expérience, et la méthode cartésienne réservait à la régression analytique une place convenable. A ces remarques de L. Brunschvicg, on joindra les pages du livre de Liard, *Descartes*, Paris, relatives au « Rôle de l'expérience dans la Physique de Descartes ».

le savant s'élève et, par une suite d'inductions, cherche à découvrir et à formuler les lois qui encadreront le mieux ces faits, et qui relieront le mieux ces phénomènes. Ainsi fit Kepler, enfermant en ses trois lois immortelles tous les mouvements planétaires consignés au prix de vingt-cinq années d'observations dans les cahiers de Tycho-Brahé. Poursuivant ses inductions, qu'accompagne parfois une heureuse intuition, presque une divination, le savant arrivera peut-être à unifier ces lois et même à les généraliser. Ainsi fait Newton, en ses *Principia* mêmes ; car il ramène les trois lois képlériennes à une loi unique, la loi de l'Attraction solaire : Le Soleil, considéré comme immobile pour servir de repère, attire les Planètes avec une intensité proportionnelle à leur masse et à l'inverse du carré de leur distance ; puis, généralisant cette loi, il formule la théorie de l'Attraction universelle : Deux corps quelconques s'attirent mutuellement, en proportion de leurs masses et en raison inverse du carré de leur distance. Mais les lois physiques sont de véritables constructions de l'esprit, quoique fondées sur les faits réels observés : le savant ne leur attribuera pas la certitude absolue que les Métaphysiciens accordent à certaines propositions. Les lois et les théories de la Physique et de l'Astronomie ne sont donc, aux yeux du savant, que des « hypothèses ». Il ne les regardera comme valables, comme acceptables, et ne les classera parmi les certitudes physiques, que dans la proportion où il les aura vérifiées par des observations nouvelles, aussi nombreuses et aussi rigoureuses que possible : il consentira, si l'expérience des faits l'exige, à les abandonner, à moins qu'il ne suffise de les retoucher ou de les compléter.

Mais il est un point sur lequel Newton insiste. Tant que le savant travaille à observer les faits, à relier les phénomènes par des lois, à donner à ces lois des formes mathématiques toujours plus précises et serrant toujours de plus près les réalités observées, il reste sur le terrain délimité tantôt. Qu'il se garde d'en sortir et de faire œuvre de Métaphysicien. Il est du ressort de la Métaphysique de rechercher les causes toutes dernières de ces lois que l'Astronome ou le Physicien ont formulées, et la nature intime de ces forces physiques qu'ils ne connaissent que par leurs effets et par les lois de

leur action. Ce nom même — Forces physiques — ne doit point nous tromper. Newton appelle *Force* toute cause efficiente de mouvement, mais il ne connaît rien d'elle que son effet, et cet effet, cette *action*, il la définit, où plutôt il la mesure, par le produit de deux éléments, la masse du corps mis en mouvement et son accélération. Newton appelle *Attraction universelle* la force dont il a découvert l'action, mais il n'emploie ce terme, dit-il, que parce que c'est « un mot commode », qui dépeint l'effet de cette force. Il ne veut pas, pour cela, ressusciter les forces occultes chères à l'École ; car si l'Attraction est une force « occulte en sa nature », elle est « manifeste » en son action parfaitement définie : deux corps quelconques, libres d'ailleurs, se meuvent l'un vers l'autre, de la manière décrite par la loi qu'il a énoncée. Souvent, on cherche à traduire plus explicitement la pensée de Newton, en donnant à l'énoncé de sa loi cette forme que nous rappelions quelques pages plus haut : Tout se passe, dans la Nature, *comme si* la matière attirait la matière, et l'attirait en raison directe des masses et en raison inverse du carré de la distance. Cette expression, *comme si*, est étrangère au véritable énoncé newtonien : elle trahirait même la pensée du Maître, si elle faisait croire que Newton n'était point convaincu de la réalité de cette force (1). Cette Attraction, ou cette Impulsion (et il préférerait ce second mot, dit-il), est, à ses yeux, une chose bien réelle, une cause positive de faits constatés, non une création de notre esprit, mais il ne veut point scruter la nature de cette force : il n'en construira pas l'ontologie, que ce soit sous une forme aristotélicienne, ou sous une forme cartésienne ou atomiste ou dynamiste. Il rejette la tentation de forger des hypothèses à ce sujet, *hypotheses non fingo* (2). Cette

(1) Le langage de Newton admet les expressions de ce genre, *perinde ac si*, *quasi*,..., mais ordinairement pour désigner l'attraction attribuée à un corps fictif, à un point mathématique, sur un corps réel. Par exemple, « lorsque deux corps sont d'ailleurs libres de leurs mouvements, ils s'attirent mutuellement et se meuvent l'un vers l'autre, et tout se passe *comme si*, au lieu de s'attirer, ils étaient attirés tous deux par un troisième corps placé au centre de gravité commun des deux premiers. » (Liv. I, Prop. 61.) Voy. aussi les dernières lignes de la Définition 8 de ce Livre I.

(2) *Fingere*, modeler, façonner, imaginer. Le mot célèbre de New-

Attraction, cette espèce d'« effort des corps pour se rapprocher les uns des autres », est-elle due, en dernière analyse, à une action des corps eux-mêmes, qui « se rechercheraient mutuellement », ou qui émettraient des « Esprits » pour agir par eux l'un sur l'autre ? Ou bien doit-elle s'expliquer « par l'action d'un Éther, ou d'un fluide aériforme, ou de quelque autre milieu corporel ou incorporel, ce milieu produisant, quelle qu'en soit la manière, sur les corps qui y sont immergés, ces impulsions des uns vers les autres » ? Ces diverses hypothèses, Newton les énumère dans les termes qu'on vient de lire, en un rapide Scolie dans son Livre II : il tait sa préférence pour l'une ou pour l'autre ; l'idée générale qu'il a voulu désigner sous le nom d'Attraction, s'accorde, dit-il, aussi bien avec l'une qu'avec l'autre (1).

Ainsi, la Philosophie naturelle, ou la science de la Nature, se partage en deux provinces, et Newton établit entre les

ton, *hypotheses non fingo*, appartient à un *Scholium generale* placé par Newton à la fin de l'ouvrage, mais qui ne figure pas dans la première édition : « ... Jusqu'ici, j'ai exposé les phénomènes que présentent nos Cieux et nos Mers. Mais cette gravité, je n'en ai point encore assigné de cause... Jusqu'ici, je n'ai pu tirer des phénomènes la raison des propriétés de la gravité, et je n'invente point d'hypothèses *(hypotheses non fingo)*. On doit, en effet, appeler Hypothèse tout ce qui ne se tire pas des phénomènes. Les hypothèses, qu'elles soient métaphysiques ou physiques, qu'elles invoquent des causes occultes ou qu'elles soient mécaniques, n'ont pas de place en Philosophie expérimentale : dans cette Philosophie, les propositions sont tirées des phénomènes et généralisées par induction ; c'est ainsi que l'on a connu l'impénétrabilité, la mobilité, la force vive des corps et les lois du mouvement et de la gravité. C'est assez que cette gravité existe réellement, et agisse suivant les lois que nous avons exposées, et qu'elle suffise à expliquer tous les mouvements des Corps célestes et de la Mer. »

(1) Scolie de la Proposition 69, Liv. I (pp. 191-192, de l'édit. première) : Vocem Attractionis hîc generaliter usurpo... Newton tenait pour grandement absurde « que la Gravité soit innée et essentielle à la matière, de telle sorte qu'un corps puisse agir sur un autre corps *à distance*, à travers le *vide*, sans l'intermédiaire de quelque chose par quoi et à travers quoi leur action et leur force doive être causée par un agent agissant constamment suivant certaines lois ; mais cet agent est-il matériel ou immatériel, c'est ce que j'ai laissé à l'appréciation de mes lecteurs ». Lettre de Newton à Bentley, du 25 février 1692.

deux une ligne de démarcation, non une barrière, moins encore un antagonisme. Autre est la région où les Physiciens et les Astronomes ont coutume de travailler, autre est la région supérieure — la Métaphysique de la Nature — qui est comme une Physique transcendante (plusieurs ont même vu là le sens antique du mot « Métaphysique », l'*au-delà* de la Physique). S'il est familier de cette seconde et nuageuse région, le Philosophe s'élèvera, par ses hypothèses, jusques aux causes suprêmes des forces physiques et aux primordiales raisons des choses (1). L'Attraction ne serait-elle pas une qualité inhérente à la particule corporelle, ou même une propriété essentielle de la matière, ou serait-elle plutôt une résultante de quelque trouble dans l'équilibre de l'Éther, si toutefois cet Éther lui-même existe ? Au surplus, on ne connaît l'Attraction que par le mouvement qu'elle cause, mais que sont à leur tour, en elles-mêmes, ces deux réalités, l'Espace et le Temps, qui servent au savant pour définir le mouvement, et qu'il n'a pu définir elles-mêmes, tout en prétendant les mesurer ? De tels problèmes, Newton se garde de les dédaigner : il ne les juge pas indignes de l'esprit humain, mais étrangers à son livre. Les *Principes mathématiques de la Philosophie naturelle* ne trahiront pas leur titre : ils ne doivent constituer que les Prolégomènes de la Science de la Nature, et tels que les Sciences exactes par excellence, les Mathématiques, arrivent à les formuler. Ni Newton, ni les vrais Newtoniens, n'excluront de la Science la recherche des causes primordiales : plusieurs, comme d'Alembert, trouveront des heures à consacrer à ces hautes spéculations. Mais de telles investigations sont étrangères à qui reste à l'école des *Principia*. Newton ne veut que nous introduire dans la partie de la Philosophie de la Nature où le Monde est envisagé comme un vaste problème de Mécanique. La partie des Mathématiques plus tard appelée les Mathématiques sublimes — l'Analyse infinitésimale — n'a été inventée par le génie de Newton que pour nous aider à résoudre ce problème.

(1) « La cause efficiente des actions physiques est du ressort de la Métaphysique. » Leibniz, *Écrits philosophiques*, édit. Gerhardt, t. IV (1880), p. 472.

Mais le but premier de Newton, en écrivant ses *Principia*, n'était point de donner un pendant au *Discours sur la Méthode* de Descartes. L'objet principal de son livre était l'annonce et l'exposé de la loi de l'Attraction universelle. Cette découverte va immortaliser son nom ; car la loi de Newton va régir toute la Physique, tant céleste que terrestre : elle commandera tous les phénomènes de la Nature, depuis le cours majestueux des Astres jusqu'aux attractions secrètes des molécules de notre Terre, et elle se formulera en un énoncé d'une précision et d'une clarté incomparables : Deux corps quelconques s'attirent mutuellement, proportionnellement à leurs masses et en raison inverse du carré de leur distance (1). L'ouvrage entier n'est que l'encadrement de cette loi, encadrement somptueux et digne d'elle. Les Livres I et II, en effet, intitulés *de Motu corporum*, constituent un traité général, très neuf, de Mécanique rationnelle. Newton y construit cette science sur les bases que Huygens a établies, mais il la renouvelle en toutes ses parties, surtout par l'introduction de sa loi de l'Attraction universelle. Le Livre III, *de Mundi systemate*, très succinct et qui termine l'ouvrage, n'est que l'application de cette loi à la Science des Astres : d'immenses richesses y sont condensées en peu de pages ; Newton eût pu donner à ce Livre III le titre « Mécanique céleste », que Laplace donnera cent ans plus tard à une œuvre monumentale, qui ne sera que le développement merveilleux de ces quelques pages-là. Chemin faisant ou, pour mieux dire, à un détour de son chemin, Newton nous fait connaître, dans le Lemme II de son second Livre, les principes d'une science

(1) Dans la langue de l'Algèbre, cet énoncé se condense en une formule d'une simplicité et d'une limpidité parfaites, $F = k \frac{mm'}{d^2}$. L'expression *proportionnelle aux masses* doit s'entendre : proportionnelle au produit des masses ; car chaque unité de masse de l'un des deux corps attire chaque unité de masse de l'autre. Le facteur $k$ désigne la *Constante* de l'Attraction universelle, c'est-à-dire représente l'attraction exercée entre deux masses égales chacune à l'unité de masse et séparées par une distance égale à l'unité de distance ; si l'on prend pour unités le gramme et le centimètre, la constante $k$, déterminée par les Physiciens de notre époque, a pour valeur $k = 0{,}00\,000\,006\,667$ (ANNUAIRE DU BUR. DES LONGIT. POUR 1922, p. 560).

nouvelle, elle aussi découverte par lui et bientôt elle aussi immensément féconde, l'Analyse infinitésimale (1). Mais au lieu de nous indiquer ainsi, presque par grâce, les premières notions de cette Analyse, ou, comme il l'appellera, du Calcul direct et indirect des « fluxions » des quantités variables, Newton eût infiniment mieux fait de nous exposer en toute son ampleur cette Mathématique nouvelle. Elle avait été, selon l'expression de Clairaut, « la clef de toutes ses savantes recherches », et il est malaisé « d'oublier tout le tort qu'il a eu de ne la pas communiquer » (2). Il eût même pu écrire en cette langue analytique nouvelle ses *Principia mathematica* en leur entier. « S'il est juste de reconnaître — c'est Clairaut qui parle — tout ce qu'on doit à ce grand homme, on ne saurait aussi s'empêcher d'avouer que la manière dont il a exposé ses découvertes, a dû retarder considérablement l'utilité qu'on en pouvait retirer. »

Publié en 1687 par ordre et aux frais de la Société Royale(3),

(1) Nous avons dit que Leibniz, son rival dans la découverte de l'Analyse infinitésimale, avait prévenu de trois années Newton dans la publication de ce Calcul nouveau. On sent, dans le Scolie que Newton ajoute à son Lemme II du Livre II (édition de 1687, page 253), un mélange de quelque mauvaise humeur et de grande loyauté, quand il reconnaît que, dix ans auparavant, *decem abhinc annis*, Leibniz possédait, lui aussi, ce Calcul différentiel et ce Calcul intégral, dont ce Lemme expose les fondements, *utriusque fundamentum*. — Dans le journal MATHESIS, t. IV (1884), pp. 177-188, à l'occasion du second centenaire de l'invention du Calcul différentiel, le Professeur Paul Mansion a publié la traduction, très rigoureuse et annotée par lui, des deux fameux documents : la *Nova Methodus* de Leibniz, telle qu'elle fut donnée dans les *Acta Eruditorum* de 1684, et le *Lemma* de Newton, tel qu'il figure dans les deux premières éditions des *Principia*. Mansion a reproduit cette traduction au chap. II, pp. 199-212, du savant et très érudit Appendice de son *Résumé du Cours d'Analyse infinitésimale*, Gand, 1887.

(2) ACAD. DES SC., MÉM., p. 329. — Newton avait d'abord voulu, semble-t-il, tenir secrète sa méthode d'invention, et en composant ses *Principia*, ne nous donna de démonstrations que sous le voile superbe, mais embarrassant, des raisonnements de la Géométrie synthétique des Anciens.

(3) L'*imprimatur* du Président de la Société Royale est du 5 juillet 1686. Le livre parut à Londres en 1687, in-4°, VIII-510 pages ; cette édition princeps est devenue rare. La seconde édition parut à Cambridge, en 1713, par les soins de Roger Cotes, qui y mit une préface

le livre de Newton devint aussitôt comme un étendard autour duquel la lutte commença, lutte qui devait durer de longues années et où les défenseurs ne manquèrent point à Newton. Mais les adversaires furent nombreux et de tout pays, comme de toute École, et parfois ils furent redoutables, surtout quand ils s'appelèrent Huygens ou Leibniz. Nous n'avons point à refaire l'histoire de cette lutte et de la défaite graduelle de l'École cartésienne. Nous n'avons à raconter ici que le combat qui devait marquer le milieu du XVIII^e siècle et assurer la victoire définitive de la cause de l'Attraction universelle et des doctrines newtoniennes. Ce triomphe devait être l'œuvre des trois mathématiciens dont nous avons souvent réuni les noms, Clairaut, d'Alembert et Euler. Ce n'était point le premier service signalé rendu par la science française au grand Newton. Si, en juin 1682, au cours d'une séance de la Société Royale, on n'eût parlé devant Newton du résultat géodésique obtenu par l'astronome français Picard, qui avait déterminé la première valeur du degré de méridien sur laquelle on pût compter, Newton eût continué à douter de l'exactitude de sa loi de l'Attraction ; ses premiers calculs de vérification de cette loi, en 1666, avaient en effet échoué par suite de la valeur erronée attribuée au degré terrestre par les géographes anglais. Newton eût donc continué à tenir secrète sa loi, et son immortelle découverte eût été perdue pour la Science (1).

personnelle ; l'édition porte des retouches et des additions, de la main de Newton ; elle fut réimprimée à Amsterdam en 1714 et en 1723. Une troisième édition, également revue et augmentée par Newton, fut donnée à Londres en 1726.

(1) Dès 1671, l'abbé Jean Picard, prêtre et prieur de Rillé en Anjou, le plus grand des astronomes que l'Académie des Sciences ait comptés en ces temps, sans en excepter Cassini, et aussi le plus modeste (ce double éloge est de Delambre), avait publié sa *Mesure de la Terre* : il y avait consigné la valeur de l'arc d'un degré, 57 960 toises (la toise valait 1^m,949), résultat de sa mesure de l'arc compris entre Sourdon, près d'Amiens, et Malvoisine, près de Paris ; ses travaux avaient été effectués en 1669 et 1670. Newton, en 1666, ayant découvert la loi de la Gravitation, — il avait alors 23 ans, — voulut la vérifier en l'appliquant au calcul de la force qui retient la Lune en son orbite presque circulaire et d'un rayon moyen de 60 rayons terrestres environ. Son calcul échoua. Il est bon d'indiquer la source de l'erreur. Il avait pris pour base de son calcul du

Il nous reste à suivre les travaux de Clairaut, consacrant ses vingt dernières années de vie à faire triompher l'Attraction newtonienne, que son livre sur *La Figure de la Terre* avait déjà singulièrement confirmée. Les noms de d'Alembert et d'Euler brilleront d'un plus vif éclat que le sien, mais souvent les travaux de ces deux géomètres n'auront été que la continuation des siens.

B. LEFEBVRE, S. J.

*(A suivre.)*

## III

## QUESTION FORESTIÈRE COLONIALE

—

On ne saurait exagérer, en ce moment surtout, l'importacen de cette question ! Elle présente de l'intérêt, non seulement au point de vue scientifique pur, au point de vue économique immédiat, auquel se placent tant d'associations, mais elle en présente surtout, pourrait-on dire, au point de vue de l'avenir même des colonies tropicales.

rayon terrestre la valeur fautive assignée au degré terrestre par ses compatriotes. Les marins et les géographes de son pays se servaient comme unité linéaire du *mile* de 1760 yards, qu'ils croyaient représenter la minute géographique, ou la 60e partie du degré. Or, ce mile, encore usité en Angleterre aujourd'hui, vaut 1609 mètres, tandis que la minute géographique vaut 1852 mètres. Apprenant en 1682 le résultat de Picard, il refit, avec le degré de Picard pour base, ses calculs, et ceux-ci indiquèrent que la chute de la Lune vers la Terre, à chaque instant, est bien de 1/20 de pouce par seconde, comme l'exigeait la loi de l'Attraction, et non des 6/7 de 1/20 de pouce, comme ses calculs de 1666 l'avaient donné. La loi newtonienne était donc vérifiée, et Newton acheva de composer son livre les *Principia*. On peut regretter, observe F. Tisserand, que Newton n'ait pas utilisé en 1666 la mesure publiée dès 1528 par le médecin et mathématicien français Jean Fernel, qui l'avait obtenue en relevant avec infiniment de précautions le nombre des tours de roue de son coche en un voyage d'Amiens à Paris : Fernel obtint ainsi, pour le degré terrestre, 68 096 pas géométriques, ce qui revenait, (nous dit Picard), à 56 746 toises de Paris (voy. MÉM. ACAD. DES SC., 1787, pp. 216-222, art. de Lalande). Newton eût eu par là une approximation suffisante, et seize années du génie de ce grand homme n'eussent pas été perdues pour l'Astronomie.

La question forestière est bien plus grave pour les colonies tropicales que pour les régions tempérées. Si les conditions paraissent très favorables sous les tropiques à la conservation des forêts, elles sont beaucoup moins propices là-bas que chez nous. Une perturbation, même peu apparente, affectant l'ambiance d'une forêt tropicale, entraîne un déséquilibre menaçant pour la forêt. En outre, dans les colonies nouvelles, les services forestiers, bien organisés, disposant d'une documentation étendue et précise n'existent pas encore et, par suite, il est impossible de parer aux accidents dus à l'ignorance ou à la méconnaissance des lois biologiques.

Le Rapport pour 1921 publié récemment par M. Droogmans, Président du Comité spécial du Katanga, renferme au sujet de la question forestière dans cette partie de notre colonie quelques points dignes de remarque. Ils sont d'ailleurs susceptibles d'application dans toutes les colonies forestières tropicales.

La question a déjà fait l'objet de très nombreuses recherches et publications. Même pour le Katanga, on a déjà pu résumer dans divers périodiques, des observations de M. Delevoy, garde général des forêts et chef de la « Mission forestière » organisée par le Comité spécial (1).

M. Delevoy a insisté une fois de plus avec raison sur le rôle essentiel des forêts ; après avoir envisagé dans ses grandes lignes leur influence directe ou indirecte sur le milieu, il déclare :

« Le déboisement inconsidéré pourrait présenter de graves inconvénients et même des dangers ; il pourrait entraîner notamment la stérilité de régions immenses, l'assèchement des sources, l'apparition du régime torrentiel et intermittent des cours d'eau aujourd'hui réguliers, une influence nuisible sur les conditions de vie et la productivité générale du pays » (2).

En rapportant les conclusions de M. Delevoy, M. Droogmans croit devoir ajouter qu'elles ne sont pas immuables et définitives. Certes quelques-unes, auxquelles nous ne

(1) Voyez MOUVEMENT GÉOGRAPHIQUE, 5 mars 1922.

(2) Cf. É. De Wildeman, *Mission forestière et agricole du Comte J. de Briey au Mayumbe*. Bruxelles, 1920.

nous arrêterons pas ici, peuvent être modifiées ; mais celles que nous venons de rappeler ne pourront qu'être renforcées : au lieu de dire que la suppression inconsidérée des boisements « pourrait être nuisible à la productivité du pays », il faudra dire qu'elle lui serait néfaste sans le moindre doute.

On oublie trop que si l'exploitation forestière tropicale peut donner rapidement, dans les conditions actuelles, de gros bénéfices aux exploitants, elle dispose d'un capital dont nous ne sommes pas les propriétaires. La richesse forestière trouvée sur ces terres, plus ou moins vierges, nous ne pouvons l'aliéner ; nous n'en sommes qu'usufruitiers, et si nous dépassons les limites de notre droit d'usufruitier, nous devons mettre dans le pays quelque chose en échange. Même en usant sagement de l'usufruit, il convient de protéger le capital ; on ne considère pas assez ce côté de la question.

M. Prades, inspecteur du service forestier en Indo-Chine, a pu écrire, en 1921, dans un de ses rapports, cette phrase à méditer : « Il ne faut pas que sous le prétexte que les marchands manquent de produits ligneux, nous facilitions la destruction de la forêt, et que les forestiers qui nous succéderont puissent nous accuser d'avoir méconnu notre métier. Nous ferons tout notre possible pour aider à assurer l'approvisionnement ou le commerce du bois. Mais nous ne pouvons rien promettre, ni accorder, qui soit contraire à l'intérêt général ».

Or, la destruction de la forêt par de fortes sociétés concessionnaires, qui ne peuvent opérer de reforestation, car celle-ci n'a pas été étudiée, est indiscutablement contraire à l'intérêt général de toute colonie tropicale et de notre Katanga en particulier, comme le démontre M. Delevoy.

Il a pu sans difficulté faire voir que les forêts du Haut-Katanga, contrairement à ce que l'on a dit, et écrit, autrefois, sont très pauvres ; les vieux arbres y sont rares, et très nombreuses les essences variées sans valeur.Ce fait n'est pas spécial au Katanga, il est général dans les colonies de l'Afrique et même des autres continents. Nous avons fréquemment attiré l'attention sur ce point. Récemment, dans une courte étude sur la *Production des forêts coloniales*, notre confrère Aug. Chevalier (1) a pu dire, une fois de plus : « De-

(1) Revue de Botanique appliquée. Paris, 1922, p. 157.

puis quelques années on a pris l'habitude d'en exagérer considérablement l'importance et de considérer, en quelque sorte, comme inépuisables les forêts coloniales, quelle que soit la manière dont on les exploite. C'est une grave erreur. »

Nous ne voulons pas insister sur la facilité avec laquelle on épuise ces réserves, mais il convient de souligner les mots particulièrement justes : *quelle que soit la manière dont on les exploite.*

D'ailleurs, ne l'oublions pas, nous n'avons dans les régions coloniales neuves aucune indication précise sur la reformation de la forêt après son enlèvement ; toutes les données des rapports forestiers sont des suppositions. Personne, du moins pour l'Afrique, n'a encore suivi une reconstitution de forêt pendant 25 ans !

Les raisons actuelles de cette pauvreté, telles qu'elles sont exposées par M. Delevoy sont, en général, les mêmes que pour d'autres parties du Congo et de l'Afrique, et en général pour les pays tropicaux : « exploitation irrationnelle par les noirs, — et nous ajouterions par les blancs — ; incendies annuels détruisant beaucoup de jeunes sujets ».

Malheureusement, beaucoup de coloniaux, pour des raisons que nous ne comprenons pas, refusent d'admettre l'action des feux de brousse sur la diminution des surfaces boisées. Nous ne pouvons nous étendre sur la question, ni citer tous les auteurs qui ont apporté des arguments dans ces discussions ; nous rappellerons ici le remarquable travail de M. Perrier de la Bâthie sur les forêts malgaches et celui de M. Guillaumin sur les forêts de la Nouvelle-Calédonie (1). Celui-ci n'hésite pas à déclarer, après beaucoup d'autres, que les arbres des lisières meurent par l'action des feux de brousse, qu'ils sont remplacés par des broussailles, que l'étendue des forêts diminue lentement de ce fait seul.

Les feux de brousse détruisent non seulement, comme le dit M. Delevoy, de jeunes sujets, et aussi des rejets de vieilles souches, mais ils amènent surtout la stérilité du sol par la destruction de l'humus. M. Delevoy le fait d'ailleurs ressortir en disant que : « Le facteur le plus important au point de vue des forêts est la profondeur des sols ». Cela est indiscutable

(1) In Sarasin et F. Roux, *Nova-Caledonia*, I, liv. III, 1921.

Malheureusement, beaucoup de coloniaux ne veulent pas se rendre compte que pour porter du bois le sol doit présenter un ensemble de qualités qui, une fois perdues, se récupèrent malaisément.

Comment, par exemple, faire gagner de la profondeur à un sol, si tous les ans on en brûle ne fût-ce qu'une mince couche superficielle ?

Dans un rapport sur l'état actuel des forêts de Madagascar, publié en annexe d'une étude de M. Lecomte, dont je parlerai plus loin (1), M. Fauchère, inspecteur général d'Agriculture de France, n'hésite pas à déclarer que c'est la méthode d'élevage, par troupeaux ambulants, qui à Madagascar a détruit la forêt ; or on sait que le troupeau bovin y est des plus importants. M. Fauchère cite les chiffres de têtes de bœufs :

| | |
|---|---|
| Morandava | 920.000 |
| Majunga | 755.000 |
| Maevatanana | 789.000 |
| Tulear | 618.000 |

De temps immémorial, ajoute-t-il, les pasteurs indigènes créent et entretiennent la prairie par l'incendie.

Dans les régions tropicales ce ne sont pas seulement les pasteurs qui agissent de cette façon, mais tous les indigènes, en vertu de leurs méthodes primitives de culture.

M. Fauchère démontre que ces feux détruisent non seulement la végétation herbacée, mais s'attaquent à la forêt, ce qui donne des résultats lamentables : « Les massifs forestiers disparaissent avec une extraordinaire rapidité, entraînant l'anéantissement de richesses naturelles précieuses : caoutchouc, bois d'industrie, cire, fibres, etc. ».

Quand acceptera-t-on cette conclusion, quand prendra-t-on des mesures efficaces pour lutter contre de telles pratiques ? Il faut absolument que l'on abandonne ces théories basées sur des observations superficielles, que la forêt tropicale ne se détruit qu'imperceptiblement et que c'est même un bienfait de la réduire ainsi.

M. Fauchère a raison de dire que par cette méthode les

(1) *Les bois de la forêt d'Analamazaotra*. Paris, 1922. Challamel.

espèces indigènes importantes « sont détruites pour faire place à quelques plantes cosmopolites, en général peu intéressantes ». On pourrait citer pour le Congo quelques introductions de ces catégories de plantes de faible valeur.

Nous voudrions citer encore bien des passages du travail de M. Fauchère ; ils ont certes été affirmés déjà ailleurs sous d'autres formes, mais il est à craindre qu'il ne faille les répéter souvent encore, avant qu'on les prenne en considération. Nous croyons devoir insister sur le suivant :

« Le sol soumis à l'action répétée et continue des feux, n'est plus protégé contre l'érosion, et la terre végétale et l'humus qui le recouvrent disparaissent, et il devient bientôt impropre à toute agriculture. C'est ainsi, ajoute-t-il, qu'ont été complètement stérilisés, à Madagascar, des millions d'hectares de terre qui portaient jadis de belles forêts et qui ne produisent plus aujourd'hui que quelques graminées coriaces offrant aux troupeaux un pâturage absolument insuffisant ».

M. Fauchère croit même que la disparition de la forêt a entraîné à Madagascar l'extension des marécages, et favorisé beaucoup la propagation du paludisme. Ici aussi nous pensons qu'il a raison, et que dans la géographie physique de notre Congo on pourrait trouver des arguments en faveur de cette thèse.

Il faut, dans les colonies tropicales, et en particulier dans des régions telles que le Katanga, où le besoin de bois variés est impérieux, non seulement protéger les forêts existantes, les exploiter raisonnablement et rationnellement, mais encore, et peut-être surtout, établir de nouvelles forêts.

Un des membres du bureau forestier de Manille, M. Placido Decanay, en regrettant que la reforestation des Philippines n'ait pas été suffisante, citait ces chiffres fournis par le service forestier du Japon. Pour une coupe de 497.000.000 de pieds cubes de bois en 1919, il a été mis en place 315.417.000 sujets à bois tendre et 32.417.000 sujets à bois dur, sur une totalité de 240.000 arbres . Ainsi donc, en un an, environ 96.000 hectares ont été convertis en terrain forestier.

C'est un exemple à suivre !

Cet aspect de la question n'a pas échappé à M. Delevoy ; mais il a dû reconnaître que pour avancer avec sûreté, il fallait encore de sérieuses études.

Dans ce but, après bien d'autres collègues, il a essayé de tracer un programme d'action forestière. Pour le Katanga, comme pour toutes les colonies tropicales, les services forestiers doivent être créés, et où ils existent notablement renforcés. Certes, ces organisations sont œuvre de longue haleine, mais ce n'est pas une raison pour abandonner tout travail. On ne pourrait assez soutenir l'opinion émise dans le rapport « que nous ne devons pas laisser le développement du pays prendre trop d'avance sur notre organisation forestière ».

Le développement industriel d'un pays peut être un grand danger, s'il ne s'appuye pas sur un développement parallèle de l'agriculture ; or la foresterie n'est qu'une forme de l'agriculture, toutes deux ont pour but non seulement de fournir des matières premières nécessaires à la marche de l'industrie, mais aussi, et peut-être surtout, de maintenir l'ensemble des conditions nécessaires à la vie.

Nous dirons, comme les auteurs du rapport sur la marche du Comité spécial du Katanga, qu'il est d'importance primordiale, et urgent, que les recherches scientifiques soient continuées dans le domaine forestier du Congo. Les inventaires méthodiques des flores, non seulement des forêts, mais aussi des brousses avoisinantes, permettront, remarque très judicieusement M. l'ingénieur Robert, chargé du Service géologique du Katanga, de trouver « les zones où doivent être localisées les essences d'utilité pratique ».

Ici comme dans toutes les questions de mise en valeur des colonies, la coopération étroite des hommes de science, et la mise en commun des résultats de leurs observations mèneront à des conclusions d'intérêt général.

Certes, comme le disait récemment encore, à propos de l'utilisation des Algues marines, M. Sauvageau, professeur de la Faculté à Bordeaux : « Il est d'usage de gémir sur le manque d'union entre la science et l'industrie ; la faute n'en est pas toujours imputable aux hommes de laboratoire » (1).

Au sujet de la nécessité des études scientifiques, nous

(1) C. Sauvageau, *Sur la gélose et diverses algues qui en produisent*, Assoc. franç. pour l'Avancement des Sciences. Congrès de Rouen.

sommes amenés à produire quelques arguments complémentaires.

M. le Prof. H. Lecomte, du Muséum de Paris, membre du Conseil Supérieur des Colonies (1), a étudié récemment les bois d'une des forêts de Madagascar.

Nous ne pouvons entrer dans le détail de l'œuvre de M. Lecomte ; elle est cependant capitale, car il en découle des conclusions de la plus haute importance pour l'exploitation rationnelle et économique des forêts. Nous n'en citerons qu'une, la nécessité de baser la définition de la valeur des bois d'œuvre sur les caractères microscopiques du bois, et non, comme on le fait encore trop souvent, sur un simple aspect du bois. Dans la plupart des cas, les divergences d'appréciations qui, sur nos marchés européens, ont jeté le discrédit sur les bois coloniaux, sont dues à la manière défectueuse de classer les productions forestières. Il ne faut pas oublier que les bois coloniaux sont bien plus nombreux que les bois européens, ils sont moins parfaitement connus et leur différenciation est donc beaucoup plus difficile.

Plus d'une fois nous avons tenu à signaler l'importance des caractères microscopiques et les services que rendent des figures bien faites et en particulier des photomicrographies pour définir les bois et leurs qualités.

M. Bertrand, qui s'est occupé, dans ces derniéres années, des bois de l'Indo-Chine, et qui a pu se rendre compte de la valeur des études préconisées par MM. Lecomte, Perrot, etc., en France, n'a pas hésité à conclure (2) : « Il sera illusoire de compter dans l'identification des bois, sur la compétence d'experts capables d'identifier un bois d'après son seul aspect ».

C'est donc à des spécialistes qu'il convient de laisser la définition des bois coloniaux commerciaux et au moins en cas de litige, comme l'a dit un jour M. Lecomte, il faudrait des experts gouvernementaux capables de trancher le différend à l'aide de méthodes rigoureusement scientifiques.

(1) *Les bois de la forêt d'Analamazaotra*. I vol. 190 p., 55 pl., in-4°. Paris, 1922. Aug. Challamel.

(2) Cfr. REVUE DE BOTANIQUE APPLIQUÉE, 2e année, 1922, n° 13, p. 470 et suiv.

M. Lecomte revient, avec raison, sur le peu de valeur des noms indigènes pour la définition des plantes productrices d'un bon bois. Certains fonctionnaires des possessions d'outre-mer y attachent de l'importance ; mais ces noms ne peuvent avoir de la valeur que s'ils sont accompagnés de descriptions détaillées, ou d'échantillons botaniques.

Malheureusement, même dans les colonies françaises, on se base encore sur les noms indigènes pour fixer, par exemple, les redevances pour abattages. Dans un des derniers arrêtés du Gouvernement de la Côte d'Ivoire, nous trouvons en effet les taxes suivantes :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 90 fr. | par arbre abattu | pour | l'acajou ; | |
| 50 fr. | » | » | » | Iroko ; |
| 20 fr. | » | » | » | Tiama, Badi, Bone, Makoré, Niangon, Rikio, Framiré. |

On devait se bien convaincre que les noms indigènes peuvent avoir de l'intérêt pour des recherches de folk-lore ou pour des études linguistiques ; mais que jamais ils ne pourront servir à la définition des plantes. Celle-ci doit être faite, comme le répète M. H. Lecomte, d'après les données d'un collecteur digne de foi, chaque échantillon de bois étant accompagné d'un rameau portant des fleurs et des fruits, surtout des fleurs, car le fruit, au moins pour des plantes de régions encore peu explorées, est fréquemment insuffisant pour une définition rigoureuse. Quant aux rameaux simplement feuillés, ils y suffisent encore beaucoup moins. Malheureusement, très souvent, les documents apportés des colonies aux botanistes auxquels on impose la charge de faire des déterminations scientifiques, se réduisent à un échantillon de bois accompagné de quelques feuilles prises au hasard.

On se rend très peu compte dans les milieux administratifs du temps perdu, et de l'argent gaspillé, par la récolte et un essai d'étude de tels documents, et on ne pourrait assez insister sur cette phrase de M. Lecomte, énoncée souvent déjà sous d'autres formes : « C'est à l'administration des Colonies que revient la charge d'organiser, dans de meilleures conditions, les études concernant les productions naturelles des possessions dont elle a la garde ».

Cela nous permet de marquer une fois de plus la nécessité

de former des écoles où, par un enseignement de plus en plus spécialisé, on formera ceux qui sont chargés de la mise en valeur des colonies.

M. Lecomte répète aussi, ce que nous avons dit à plusieurs reprises ailleurs, ce que d'autres ont proclamé, et ce que l'on ne pourrait assez redire : « Le premier soin doit être de dresser l'inventaire méthodique de nos forêts coloniales » ; nous dirons encore avec lui : « il est hors de doute qu'on ne peut songer à exploiter dans de bonnes conditions, des forêts dont on ne connaît ni la composition, ni les ressources diverses ».

M. Lecomte appuie aussi sur la connaissance de toutes les plantes de la forêt, car il fait voir avec raison qu'il ne s'agit plus, comme autrefois, de prélever sur de vastes étendues uniquement quelques bois d'ébénisterie et de détruire impitoyablement le reste, et il ajoute, ce qu'il faudrait livrer à la méditation de bien des sociétés concessionnaires aux Colonies. « Cette méthode radicale a fait son temps : elle ne peut conduire qu'à un seul résultat, la destruction inutile d'immenses forêts, *sans aucun profit pour la métropole et pour les Colonies* ».

Nous soulignons à dessein, car, nous tenons à le redire, c'est non seulement sans profit, mais au détriment de la Colonie qu'ont lieu ces dévastations.

M. Lecomte passe successivement en revue quelques traits de la composition des forêts tropicales, les principaux caractères anatomiques, utilisables, des bois; puis, pour mieux faire saisir certains de ces derniers, il met en opposition les caractères de plusieurs de nos bois et ceux des bois coloniaux. Nous ne pouvons énumérer ici les espèces dont il décrit les caractères anatomiques, et figure les coupes longitudinale et transversale de leurs bois, en ayant soin pour chaque espèce d'ajouter des remarques sur l'utilisation du bois et sur celle d'espèces du même genre dans d'autres régions. Les très nombreuses et superbes photomicrographies montrent de la façon la plus nette que l'examen de coupes du bois, faites dans de bonnes conditions, aidera puissamment à la définition des bois utilisables par l'industrie. Mais les figures que donne le microscope doivent être jugées par des personnes capables d'en faire une saine lecture, par de véritables

experts qui un jour se spécialiseront dans des études de ce genre.

Résumant les caractères de la forêt d'Analamazaotra, M. Lecomte fait remarquer que rarement les arbres y atteignent de grandes tailles, rarement le tronc dépasse 80 cm. de diamètre ; que, sauf exception, cette forêt n'est pas comparable à la forêt tropicale de certaines autres colonies.

La présence de contreforts à la base des troncs, très gênants dans bien des cas pour l'exploitation forestière, ne constitue ni un caractère spécifique ni un caractère générique, c'est d'après lui « une manifestation provoquée par les conditions du milieu et peut-être aussi par la nature et la disposition du sol » (1). Cette opinion nous paraît des plus justes; mais il conviendrait de la vérifier encore pour un certain nombre d'espèces ; nous sommes d'ailleurs persuadés que suivant les conditions du milieu, les espèces végétales, même les espèces ligneuses, peuvent varier comme le suppose M. Perrier de la Bâthie, d'après les observations qu'il a pu faire également à Madagascar.

Nous n'insistons ni sur la couleur, ni sur la densité des bois ; à Madagascar, comme dans les autres régions, ces caractères varient très largement. Aussi les bois des colonies possèdent-ils à ce point de vue certains avantages.

Dans un paragraphe spécial, M. Lecomte étudie les bois d'utilités diverses, il insiste par exemple sur le fait, connu il est vrai, mais non suffisamment, que la même espèce végétale ne présente pas toujours les mêmes caractères et que la valeur, pour l'ébénisterie par exemple, varie avec chaque bille, d'après les veines et même d'après l'irrégularité de ces veines. Notons en passant que la variabilité indiscutable de certaines espèces devrait être étudiée spécialement dans ses rapports avec la structure anatomique, car il est fort probable que si les caractères extérieurs diffèrent dans une mesure appréciable, il y a, dans les caractères internes, des corrélations utiles à mettre en relief.

Pour le choix des bois, dits d'ébénisterie, sur lesquels on a souvent appelé l'attention pour exprimer la valeur d'une

(1) Cf. Chipp. — *Buttresses as an assistance to identification*, in Bull. Kew, n. 9, 1922.

forêt coloniale, M. Lecomte donne un conseil que nous ne pouvons nous empêcher de reproduire : « La mise en œuvre des bois d'ébénisterie entraînant en général un travail dispendieux, ils doivent être choisis parmi ceux qui possèdent un grand pouvoir de conservation et par conséquent parmi les bois naturellement injectés, à éléments remplis de substances diverses jouant le rôle d'antiseptiques ». Cela montre dans quel sens il convient de pousser les études sur les bois avant de pouvoir garantir d'une manière rigoureuse l'utilisation de la matière.

Le travail de M. Lecomte sur les bois de Madagascar, son étude antérieure sur ceux de l'Indo-Chine ; les travaux de même genre d'autres botanistes français : Chevalier, Perrot, etc., sont des bases sur lesquelles nous devons tabler pour faire l'étude scientifique et économique des forêts de l'Afrique centrale.

Ces dernières demandent, en outre, sur place, une protection efficace, car leur exploitation irraisonnée, leur destruction, modifie, on ne peut assez le répéter, considérablement les climats. Elle influence et influencera la géographie économique de bien des colonies. Contrairement à l'opinion reçue, la forêt une fois détruite ne se reconstitue jamais telle qu'elle était ; au contraire la nouvelle végétation, plus pauvre, est plus facilement détruite que la première et le désert finit par succéder à la riche forêt.

Nous pensons bien que, malgré les arguments rappelés très sommairement ci-dessus, et tant d'autres qui ont été présentés, il se trouvera de jeunes coloniaux, ou des coloniaux trop intéressés, pour ne pas tenir compte des avis de bons observateurs, et pousser à l'exploitation intégrale, à la destruction des réserves forestières ; ils devraient cependant ne pas oublier, comme nous le disions, que nous ne sommes pas propriétaires de ces réserves, mais simplement usufruitiers et qu'il nous faut transmettre à nos enfants un patrimoine non endommagé.

Tiendra-t-on compte de ces opinions ? Espérons que dans l'avenir les concessions forestières deviendront de moins en moins nombreuses, et qu'avant de les accorder l'État s'entourera d'amples garanties.

Il serait à souhaiter que les voix autorisées de MM. le

Prof. H. Lecomte et A. Fauchère, de M. Delevoy, jointes à celles qui se sont fait entendre antérieurement, fassent prendre des mesures opérantes contre les destructions forestières, par l'indigène, mais surtout par le blanc.

Nous ne pouvons discuter ici en détail les divers points du programme de travail proposé par M. Delevoy, et auquel nous avons fait allusion, mais nous voudrions voir mettre en tête de ce programme : « Inventaire méthodique des ressources forestières », dont la constitution de collections : herbier, bois, produits divers, photographies, études économiques, ne sont que les corollaires.

Il nous faut tout d'abord, comme l'ont rappelé dans ces derniers temps des collègues français, établir l'état civil de nos plantes utiles ou sans valeur ; cela nous permettra d'avancer plus sûrement dans la suite des recherches sans commettre trop d'erreurs ; celles-ci sont déjà suffisamment fréquentes, même quand dans ces études on s'est entouré de documents précis.

Il est vivement à souhaiter, dans l'intérêt de notre colonie congolaise, de voir continuer par M. Delevoy l'œuvre qu'il a entamée au Katanga ; elle a produit déjà des résultats intéressants. Nous ne doutons pas que grâce à l'intervention de M. le président Droogmans, tout disposé à favoriser des travaux scientifiques dont il comprend la portée, la mission de M. Delevoy et de son adjoint M. Thomas, ne porte des fruits de plus en plus nombreux.

É. De Wildeman.

---

# REVUE
## DES RECUEILS PÉRIODIQUES

### PHYSIQUE

**La spectroscopie des Rayons X** (1). — Depuis le 8 juillet 1912, jour où Sommerfeld montra à l'Académie de Munich les empreintes photographiques de diffraction d'un mince faisceau de rayons X au passage d'un cristal et présenta la théorie de ce phénomène par Laue, le caractère de périodicité ondulatoire des rayons X était dûment constaté. La voie était ouverte pour les progrès, non moins rapides que surprenants, dans la connaissance du rayonnement et de la structure des atomes.

On tenait dorénavant le moyen de mesurer les longueurs d'onde des rayons X, si petites qu'on ne pouvait construire de réseau assez fin pour observer leur diffraction. En effet les cristaux s'offraient, avec la disposition régulière de leurs molécules et même de leurs atomes, comme des réseaux taillés par la nature aux dimensions voulues pour cette diffraction. L'ordre de grandeur des longueurs d'onde qu'ils permettent de mesurer, est celui des distances qui séparent leurs plans réticulaires de plus grande densité ; il est égal en fait à l'unité couramment employée en spectroscopie : l'angström, c'est-à-dire, un dix-millième de micron, ou un

(1) Die Naturwissenschaften, 21 avril 1922. P. Knipping, *Zehn Jahre Roentgenspektroskopie.* — Le fascicule entier, pp. 363-416, est intitulé : *Zehn Jahre Laue-Diagramm.* Il se compose d'excellents articles de mise au point concernant les radiations de très haute fréquence.

dix-millionième de millimètre ; on la désigne souvent par les initiales U.A. Les méthodes de mesures spectroscopiques allèrent se perfectionnant rapidement.

On connaît celle de Laue. Parmi les radiations émises dans toutes les directions par une anticathode sous le bombardement des électrons issus de la cathode, on délimite un faisceau mince de rayons presque parallèles, au moyen d'un collimateur très simple : un tube portant à ses extrémités deux épaisses plaques de plomb, qui absorbent les rayons, percées d'étroites ouvertures (quelques dixièmes de millimètre de diamètre). Sur le trajet du pinceau, perpendiculairement à sa direction, on dispose le cristal. Ici la diffraction divise le aisceau en une gerbe symétriquement divergente. A quelque distance du cristal, une plaque photographique disposée parallèlement au cristal enregistre une section droite de cette gerbe, sous forme de taches symétriques par rapport à la trace centrale du rayon incident. Ce dessin, déterminé par la nature et la face du cristal employé, contient les données nécessaires au calcul de la longueur d'onde.

Dès 1912, l'année même de la découverte de Laue, les physiciens anglais Bragg, père et fils, trouvèrent une méthode plus simple et plus sensible. Ils reconnurent que les cristaux peuvent aussi bien servir de réseaux par réflexion que par transmission ; la diffraction cristalline est assimilable à une réflexion par interférence sur les couches atomiques parallèles des plans réticulaires suffisamment denses. Soit $l$ la longueur d'onde d'un rayonnement monochromatique incident. Une sorte de réflexion sur les couches parallèles successives du cristal, équidistantes de la longueur $d$, déterminera un rayon réfléchi résultant dans certaines directions privilégiées $w$ comptées à partir du plan cristallin. Ces directions sont liées à la distance $d$ et à la longueur d'onde $l$ par la relation fondamentale :

$$n\ l = 2\ d \sin w,$$

où $n$ représente la suite des premiers nombres entiers. Les valeurs de $n$ définissent ce qu'on appelle les rayons réfléchis respectivement du premier, du deuxième, du $n^{\text{ième}}$ ordre. Nous simplifierons l'exposé des méthodes spectrométriques

basées sur cette relation, en supposant qu'on puisse s'arrêter à la valeur $n = 1$, c'est-à-dire aux raies spectrales du premier ordre.

La première méthode, de Bragg, consiste à admettre sur une face plane de cristal, de sel gemme par exemple ($d = 2{,}81$ U.A.), un faisceau de radiations émises par une source linéaire dans un angle dièdre relativement ouvert ; sur le parcours des rayons réfléchis, on place en travers une plaque photographique où s'imprimeront les traces des rayons qui ne seront pas éteints par interférence. A chaque longueur d'onde contenue dans le faisceau incident correspond un seul angle de réflexion privilégiée, et cet angle diffère d'une longueur d'onde à l'autre. On a pu constater par ce procédé un spectre continu, où se dessinaient sur un fond uni certaines raies caractéristiques des substances utilisées comme source du rayonnement. Moseley découvrit ainsi notamment, dès 1913, la structure d'un spectre dans le rayonnement X secondaire qu'émettent par fluorescence les corps soumis à des rayons X primaires.

La première méthode ne permettait d'obtenir un spectre que d'une grandeur angulaire de 1° au maximum. La deuxième méthode, de M. de Broglie et F. A. Lindemann, utilise de même un faisceau ouvert de rayons ; mais elle augmente les variations d'incidence d'un point à l'autre de la surface cristalline, et partant le nombre des rayons efficacement réfléchis, en incurvant sur un cylindre (3 cm. de diamètre) une lamelle de mica, qui sert de face cristalline.

La troisième méthode, de Debye et Scherrer, n'exige pas, comme les précédentes, de cristal étendu ; elle convient à la diffraction par réflexion sur les poudres de cristaux (dont les grains soient d'un diamètre assez uniforme et ne dépassant pas quelques dixièmes de mm.) et même à l'étude des structures cristallines dans les liquides. Si, dans un ensemble de cristaux minuscules orientés au hasard, on introduit un pinceau très mince de rayons (limité par un étroit couloir de quelques dixièmes de mm. percé dans une lame de plomb épaisse d'un cm.), le rayon rencontrera certaines facettes qui détermineront une pseudo-réflexion dans des directions privilégiées réparties en cônes autour de celle du rayon. Si l'on dispose autour de la préparation cristalline

un film photographique, on y obtiendra sous forme de halos concentriques les traces de ces rayons. Ce procédé offre sans doute un précieux moyen d'étudier les formes cristallines ; mais il ne présente pas la précision souhaitable en spectroscopie.

La quatrième méthode est la plus importante. On n'y emploie, comme dans la précédente, qu'un faisceau très mince ; mais au lieu de maintenir en place la face cristalline, on la fait tourner par un mouvement d'horlogerie très lent (10° à l'heure) autour d'un axe situé dans son plan. On varie ainsi l'incidence pratiquement unique du rayon observé; les radiations de diverses longueurs d'onde qu'il contient se réfléchissent tour à tour dans diverses directions. Un film en enregistre le spectre par photographie, lorsque le film est disposé sur une circonférence dont le centre est sur l'axe de rotation du cristal et dont le rayon est égal à la distance qui sépare cet axe du diaphragme d'admission du rayon incident (environ 10 cm.).

Souvent on remplace le film par un appareil de mesure appelé chambre d'ionisation. Cet appareil contient un gaz sous pression réduite et un conducteur isolé, dont le potentiel s'observe à l'aide d'un électroscope ou d'un électromètre. Une fenêtre étroite perméable seulement aux rayons X y laisse pénétrer ceux-ci ; leur présence se révèle par l'ionisation du gaz, qui entraîne la décharge du conducteur. Pour rendre possible l'exploration du spectre d'un rayonnement à l'aide de cet appareil, un mouvement d'horlogerie entraîne la chambre d'ionisation avec une vitesse de rotation double du cristal, et de même sens, en sorte que l'ouverture de l'appareil se trouve sur la direction symétrique du rayon par rapport à la normale au cristal.

On peut, grâce à ce procédé, mesurer de façon plus précise l'intensité des rayons de chaque fréquence. Si l'on trace la courbe des intensités relatives aux fréquences, l'aire que cette courbe limite est proportionnelle à l'énergie du rayonnement. On a pu établir ainsi que pour les tubes du genre de celui de Coolidge, l'énergie rayonnée est proportionnelle à l'intensité du courant électronique, à la densité de l'anticathode et au carré du voltage.

On sait que plus la longueur d'onde des rayons X est

considérable, plus ils sont facilement absorbés, même dans les gaz, et donc aussi dans l'air. Pour la mesure des rayons de grande longueur d'onde, on dispose donc l'ensemble des appareils dans un vide aussi avancé que possible. On réussit ainsi à découvrir des longueurs supérieures à 10 U.A.

**Rayons X de grande longueur d'onde.** — Au delà de ces longueurs, les cristaux ne peuvent plus servir. Les mailles des réseaux dont ils sont l'équivalent sont trop étroites et la spectrométrie directe n'est plus possible (1). On peut recourir à des déterminations indirectes basées sur une relation théorique, dont l'exactitude est de plus en plus confirmée par l'expérience. Lorsqu'un électron accéléré par une chute de potentiel V, par exemple entre la cathode et l'anticathode d'un tube de rayons X, cède son énergie cinétique à un atome, celui-ci peut émettre un rayonnement d'énergie équivalente. L'énergie que l'électron a accumulée dans son mouvement est égale au produit, V*e*, de sa charge par la chute de potentiel ; d'autre part, d'après la théorie des quanta de Planck, l'énergie du rayonnement

(1) D'après G. Friedel, il existe entre l'état cristallin, caractérisé par une disposition géométrique et une orientation régulière des molécules, et l'état amorphe, défini par leur complète irrégularité de position et de direction, deux états intermédiaires de la matière, qu'il appelle nématique et smectique. Dans le premier les molécules, irrégulièrement réparties, ont une orientation commune ; dans le second elles ont une orientation commune et sont irrégulièrement réparties sur des plans équidistants. Dans une portion de matière smectique qui présente pour un rayon X incident donné toutes les orientations possibles de ces surfaces parallèles, on pouvait prévoir la possibilité d'obtenir, par la méthode imaginée par Debye et Sherrer pour l'étude des cristaux pulvérisés, des halos de diffraction. MM. M. de Broglie et E. Friedel y ont réussi à l'aide d'un rayon X pratiquement monochromatique (raie caractéristique du cuivre, 1,541 et 1,537 U. A.) traversant de l'oléate de sodium. Ils ont trouvé que la distance des plans parallèles qu'occupent les molécules de ce corps est de 43,5 U. A. environ. Les oléates de potassium et d'ammonium fournissent des résultats du même ordre. Ces auteurs prévoient que les substances à l'état smectique pourraient offrir l'équivalent de réseaux pour mesurer des longueurs d'onde de l'ordre de 80 U. A. (COMPTES RENDUS, PARIS, 12 mars 1923. M. de Broglie et E. Friedel, *La diffraction des rayons X par les corps smectiques*.

d'une certaine fréquence est un multiple du quantum élémentaire relatif à cette fréquence, mesuré par le produit de la fréquence par la constante universelle de Planck, $h = 6{,}55.10^{-27}$ erg-sec. La fréquence maximum, $f$, du rayonnement qui peut surgir par transformation de l'énergie $Ve$ se tirera donc de la relation, appelée relation du quantum, $Ve = hf$. Pour passer de la fréquence à la longueur d'onde, il suffira de multiplier son inverse, qui est le temps d'une vibration, par la constante de la vitesse de la lumière : $l = c/f$. On a donc que le produit de la longueur d'onde minimum et du potentiel $Vl$ est constant $= hc/e$ ; ou encore que la longueur d'onde minimum est inversement proportionnelle au potentiel.

Un physicien français, Holweck (1), s'est appuyé sur cette relation pour rechercher des rayons X de longueur d'onde croissante. Il les produisait par l'arrêt des électrons sortant d'un fil de tungstène incandescent sur une anode de molybdène en forme de V, à la distance de 0,1 cm., dans un vide poussé bien au delà d'un dixième de micron de mercure, à l'aide d'une pompe moléculaire de Gaede. Cet appareil producteur des rayons était séparé par une feuille de celluloïd de 0,25 micron d'une chambre d'ionisation contenant de l'air à la pression de 1 mm. Le minimum du champ accélérateur qui produisît des rayons X décelables dans la chambre d'ionisation, devait, en vertu de la relation du quantum, donner la longueur d'onde la plus grande. Ce minimum fut observé par 25 volts entre la cathode et l'anode du tube producteur. La longueur d'onde correspondante est 493 U.A. La précision de ce chiffre est assez faible ; l'auteur estime que l'erreur peut atteindre 5 et même 10 pour cent. Il correspond toutefois très nettement à la région ultraviolette du spectre.

Des physiciens américains, Kurth, Mohler et Foote, ont par des expériences analogues en principe découvert des longueurs d'onde de l'ordre de 535. Pour déceler les rayons X, ils se servaient de l'effet photoélectrique (2).

(1) Comptes Rendus, Paris, 21 février 1921, p. 439.
(2) Physical Review, avril 1921, p. 528 ; août 1921, p. 394.

Tout récemment, Holweck (1) a repris avec des rayons X de moindre fréquence les expériences de diffraction par une fente et de réflexion sur une surface polie, qui avaient échoué pour les rayons X à cause de la petitesse extrême de leur longueur d'onde. Il réussit à établir la réalité de ces propriétés optiques.

On sait que pour observer la diffraction par une fente on dispose une source linéaire éclairant une fente parallèle à la source ; à quelque distance au delà de la fente est placée une plaque photographique où se forme l'image des franges de diffraction.

Comme source de rayons mous, M. Holweck utilisa une anode formée d'un fil de tungstène de 12 microns de diamètre pendu sur un support rigide et soumis au bombardement des électrons d'une cathode incandescente. La lumière parasite de la cathode était détournée par des diaphragmes, seule la lumière de l'anode pouvait traverser la fente et atteindre la plaque, mais l'énorme diffraction au passage de la fente fine diminuait à tel point son intensité, déjà très faible, qu'elle ne pouvait impressionner la plaque. A 7 cm. de la source était la fente en acier, à bords aigus, haute de 0,8 cm. et de largeur réglable. A 7 cm. au delà se trouvait le porte-plaque. Dans l'intervalle on pouvait établir soit un champ magnétique, soit un champ électrique pour écarter les rayons corpusculaires. L'ensemble était placé dans un bon vide entretenu continuellement. Les temps de pose étaient de quelques minutes ou de plusieurs heures, suivant l'intensité du champ accélérateur des électrons dans la source des rayons X.

Avec une fente de 6,6 microns et des rayons produits par 265 volts (longueur d'onde minimum : 4,7 U. A.), on observait une bande centrale large de 110 microns et un dégradé de 300 microns qui rendait l'aspect général du phénomène prévu par le calcul, mais sans séparer nettement les franges à cause de la complexité des radiations employées. Cette expérience, sans être susceptible d'une grande précision, confirme par une mesure directe l'ordre de grandeur de la longueur des rayons X calculés d'après la relation du quantum.

(1) Comptes Rendus, Paris, 26 février 1923, p. 570. *Propriétés optiques des rayons X de grande longueur d'onde.*

Pour étudier la réflexion sur une surface polie, M. Holweck dirigeait suivant une incidence très grande : 78°,3 ou 73°,8, un faisceau étroit de rayons mous sur un miroir en bronze soigneusement poli. Un montage lui permettait d'observer, par absorption dans un électroscope, soit le faisceau incident, soit le faisceau réfléchi. Il put découvrir ce dernier, et constater, entre autres observations, que le pouvoir réflecteur décroît rapidement avec la longueur d'onde.

**La liaison entre le spectre ultra-violet et celui des rayons X** (1). — Le spectre lumineux se continue au delà du violet par des radiations de longueurs d'onde notablement plus courtes actives chimiquement. Entre le domaine de ces radiations et celui des rayons X, l'échelle des ondes intermédiaires a été explorée progressivement et à l'heure présente la jonction des deux extrêmes est réalisée.

Avant 1892, le spectre ultra-violet connu s'étendait jusqu'à une limite de 2000 U. A. Victor Schumann s'appliqua, de 1892 à 1903, à reculer cette limite, en perfectionnant les méthodes de la spectrographie. Il avait trouvé le principe chimique, encore mis à profit actuellement, des plaques photographiques sensibles aux radiations des plus hautes fréquences. Entre la plaque et la source les gaz absorbaient en partie le rayonnement ; il s'en débarrassa en faisant le vide dans l'appareil. Le verre du prisme de dispersion et de la partie optique du spectrographe retenait une partie beaucoup plus notable des radiations ; au lieu du verre, il employa la fluorite, moins absorbante. Il photographia de la sorte des raies spectrales jusqu'à 1200 U. A. Le spectre était arrêté là par l'absorption sélective de la fluorite du prisme et des lentilles. Lyman leur substitua un autre moyen de dispersion des rayons : le réseau concave de Rowland. Ici les rayons ne subissaient entre la source et la couche sensible qu'une

(1) Astrophysical Journal, t. LII (1920), p. 47. R. A. Millikan, *The extension of the ultra-violet spectrum*, p. 286. R. A. Sawyer, *The vacuum hotspark spectrum of zinc in the extreme ultra-violet region*; t. LIII (1921), p. 150 ; R. A. Millikan, I. S. Bowen, and R. A. Sawyer, *The vacuum spark spectra in the extreme ultra-violet of carbon, iron and nickel*.

simlpe réflexion. Ce procédé nouveau n'était plus tributaire que du pouvoir réflecteur du métal où était gravé le réseau et de la fréquence même de la source. En utilisant une décharge électrique puissante dans l'hélium de pression réduite à 1 ou 2 mm., il trouva des raies jusqu'à 510 U. A. Pour les gaz et les substances volatiles, le tube de décharge sous pression réduite semble bien fournir toutes les radiations ultra-violettes de ces corps et rendre possible l'identification complète de leur spectre d'émission. Une avance dans le domaine des ondes plus courtes devait résulter de l'étude spectrale des corps solides, et particulièrement des métaux, qu'entreprirent le physicien américain R. A. Millikan et ses collègues. Cette étude souffrait depuis longtemps d'une grave difficulté résultant de ce que tous les gaz connus, même réduits à de très faibles pressions, absorbent le rayonnement ultra-violet, et de ce que d'autre part on ne réussissait à produire de décharge électrique que dans des atmosphères gazeuses. L'arc électrique notamment exige une certaine pression dans l'intervalle entre les électrodes. On recourait ordinairement à l'arc dans l'hydrogène, gaz le plus transparent à l'ultra-violet, et on le séparait du spectrographe, où l'on maintenait le vide, par une fenêtre en fluorite. Celle-ci par son absorption limitait évidemment le spectre. Saunders, en employant l'arc électrique provoqué dans le vide, put supprimer la cloison de fluorite, et observer, dans le spectre de calcium, une raie de 977,9 U. A. S'il n'en découvrit pas au delà, c'est probablement parce que la source lumineuse n'était pas assez énergique pour émettre les radiations de très hautes fréquences.

Millikan étudia en 1916 les qualités d'une source de principe différent : la décharge entre électrodes métalliques d'un condensateur de grande capacité dans un vide extrêmement poussé. Cette courte étincelle, d'un mm. ou moins, très chaude à cause des potentiels énormes nécessaires à percer le vide, devait, espérait-il, contenir les oscillations de très hautes fréquences. Après une interruption forcée de ses recherches pendant la guerre, il vit son espoir réalisé, et voici la description de l'appareil qui lui permit de faire ses belles découvertes.

L'ensemble, éclateur, réseau concave, et plaque sensible,

était monté dans un tube de laiton, d'un mètre environ de longueur et de 15 cm. de diamètre. Les deux extrémités du tube étaient fermées par des couvercles vissés. L'un d'eux portait le réseau dans une position commodément réglable. A quelque cinq centimètres de l'autre, un diaphragme séparait le compartiment de l'étincelle de celui du réseau ; contre ce diaphragme, la plaque sensible de Schumann était exposée du côté du réseau, préservée par un manchon opaque contre les rayons diffusés par les parois du tube ; au bas du diaphragme, à 2 cm. environ du bord, une lumière réglable servant de fente limitait les rayons émis par l'étincelle vers le réseau. Les électrodes, constituées par les divers métaux à l'étude, entre lesquelles devait éclater l'étincelle, étaient vissées sur des conducteurs massifs introduits dans le tube mais soigneusement isolés de lui. On pouvait modifier suivant les cas la distance des électrodes à l'aide d'un écrou réglable. La pression dans le tube était réduite à moins d'un dixième de micron de mercure. Le condensateur, une batterie de quatre grandes jarres de Leyde, recevait sa charge à plusieurs centaines de mille volts d'une bobine d'induction de dix pouces. L'étincelle de décharge, nécessairement courte dans ce vide avancé, était toutefois assez brillante en raison de sa densité. Malgré tout, la photographie exigeait un temps de pose d'une demi-heure environ, et comme après chaque décharge, il fallait évacuer soigneusement les gaz qu'elle avait dégagés jusqu'à ce que le vide fût redescendu au-dessous du dixième de micron, avant de provoquer une décharge nouvelle, l'opération durait au total une journée. Le réseau devait posséder avant tout une exquise régularité du tracé, d'autant plus que la distance qui séparait les traits valait jusqu'à 70 fois les longueurs d'onde à déceler ; dans la spectroscopie ordinaire cette distance ne les vaut que 4 ou 5 fois . On essaya des réseaux dont le nombre de traits par millimètre allait de 500 à 1100, et on compara les résultats qu'ils fournirent. Les spectres les plus distincts furent obtenus avec un réseau qui portait 505,3 traits par mm., et avait une distance focale de 83, 5 cm.

Grâce à cet appareil, Millikan observa dans le spectre du zinc une raie extrême de 317,3 U. A. ; dans celui du fer, une de 271,6 ; dans celui de l'argent, une de 260, et enfin,

longueur d'onde la plus petite connue actuellement dans les spectres d'émission, une de 202 U. A., dans celui du nickel. En tenant compte des corrections, l'erreur possible ne dépassait pas quelques dixièmes d'U. A.

Un corps solide dont le spectre a pu être particulièrement bien établi par cette méthode, est le carbone. En effet, pour lui on pouvait écarter jusqu'à deux mm. les électrodes de l'éclateur et obtenir des étincelles de grande vivacité. Or le spectre de cet élément, de loin le plus distinct, s'arrête brusquement à la longueur d'onde relativement considérable de 360,5 U. A. En l'étudiant attentivement, Millikan montre que cette raie est la limite de la série L des rayons X caractéristiques du carbone, celles de la série K, neuf fois plus courtes, restant inaccessibles à ce procédé.

Ces travaux d'une part, et ceux que nous avons décrits plus haut d'autre part, établissent définitivement la liaison entre la gamme ascendante des rayons ultra-violets et la gamme descendante des rayons X.

**La stabilité des atomes d'après N. Bohr** (1). — Le prix Nobel de physique fut décerné cette année au professeur de Copenhague Niels Bohr. On sait (2) la part que prit cet éminent physicien aux rapides progrès de nos connaissances sur la constitution des atomes. Nous essayerons de montrer ici dans quelle direction il a exploité son idée si heureuse d'adapter la théorie des quanta à l'explication du rayonnement caractéristique des atomes.

On se rappelle le modèle atomique de Rutherford : un noyau, extrêmement ténu, dont la charge positive vaut autant de fois la quantité élémentaire d'électricité que l'indique le nombre atomique, c'est-à-dire le rang de l'élément dans la série périodique ; tout autour, autant d'électrons circulent sur des orbites fermées.

Bohr adopte ce modèle ; il en définit les orbites par des conditions de quantums. Le système formé par un électron

(1) JOURNAL DE PHYSIQUE ET RADIUM, 22 avril 1922, p. 110. L. Bloch, *La structure des atomes (d'après les travaux récents de N. Bohr)*.

(2) Cfr. REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, octobre 1920, p. 379. *Progrès récents de la physique atomique*.

et le reste de l'atome devra posséder un nombre entier de quantums élémentaires d'énergie relatifs à la fréquence de révolution. A chaque orbite correspond ainsi un nombre déterminé de quantums d'énergie. Tant que le système ne subit pas d'influence extérieure trop forte, l'électron reste sur une même orbite, appelée pour cette raison orbite stationnaire, et s'y conforme aux lois de l'électrodynamique classique sans toutefois émettre d'énergie rayonnante. Si le système est ébranlé, l'électron peut passer à une nouvelle orbite stationnaire. L'énergie du système a-t-elle diminué, par exemple parce que l'électron s'est rapproché du noyau, cette perte se retrouve dans le rayonnement émis simultanément. La fréquence de celui-ci est précisément le quotient de l'énergie rayonnée par la constante $h$ de Planck, donc égale au quotient par $h$ de la différence d'énergie du système atomique avant et après la perturbation.

La spectrométrie, qui fournit le moyen d'observer les fréquences, confirme brillamment les hypothèses de Bohr dans le cas de l'atome le plus simple, l'hydrogène.

Les atomes plus complexes et les phénomènes présentés par l'hydrogène lui-même, quand il est placé dans un champ magnétique ou électrostatique intense, appelaient des développements de la théorie. Bohr avait d'abord défini les orbites comme circulaires; le rayon de chacune les déterminait pleinement. Il fallut en admettre d'elliptiques, que détermineraient deux grandeurs caractéristiques : le grand axe et le segment intercepté sur la perpendiculaire au grand axe menée par le foyer. Des conditions de quantums régissent séparément ces deux grandeurs, avec cette restriction que la seconde ne peut jamais dépasser la première. Dans les ellipses allongées, il fallut tenir compte de ce que la vitesse de l'électron pouvait atteindre des valeurs telles qu'il en résultât un mouvement de précession de l'orbite. Puis, pour interpréter notamment l'affinité chimique, on fut obligé de ne plus considérer les orbites comme situées dans un même plan ; on les supposa croisées dans l'espace. Sommerfeld, Kossel, Born, Langmuir, et d'autres, réalisèrent ainsi des progrès notables. N. Bohr lui-même a poursuivi son idée et exposé, en 1921 notamment, des vues nouvelles pour dé-

couvrir la constitution des atomes par l'examen de leurs conditions de stabilité.

Jusqu'à ce moment on s'était principalement guidé par la considération de la symétrie dans l'atome. On sait comment Langmuir (1) se le représentait comme formé de couches concentriques, divisées chacune en cases égales, où pouvaient se loger un ou deux électrons : il choisissait le nombre de couches et celui des cases de manière à traduire l'architecture du tableau périodique des éléments. Sommerfeld, bien qu'il réduisît la symétrie de l'atome primitif de Bohr en y introduisant des orbites elliptiques, admettait que celles-ci étaient groupées régulièrement et que les mouvements s'y faisaient en parfait synchronisme : tout se passe, d'après lui, comme si le polygone dont les sommets portent les électrons, subissait des contractions et des dilatations rythmiques. Landé étendit ces hypothèses à une configuration polyédrique dans l'espace.

Toutes choses égales d'ailleurs, il semble que la condition de symétrie soit une garantie de stabilité pour un édifice dynamique ; mais N. Bohr montre que si l'on considère la genèse même de cet édifice, on trouvera que parfois la stabilité résulte d'une disposition moins symétrique. Pour lui, la stabilité du système électron-atome est mesurée par l'énergie requise pour les séparer. Pour l'hydrogène, dans le cas d'une orbite circulaire (un seul électron gravitant autour d'un noyau posisif) cette énergie est mesurée par le produit de la constante $h$ de Planck et de la constante R de Rydberg divisé par le carré du nombre $n$ des quantums qui correspond à cette orbite.

Le cas le plus simple après celui-là, est celui de l'helium (deux électrons gravitant autour d'un noyau positif à deux charges élémentaires). Soit le système formé par le second électron d'une part et d'autre part le noyau accompagné du premier satellite gyrant sur l'orbite correspondant à un quantum ; on peut calculer l'énergie nécessaire pour écarter le second électron suivant qu'il gravite sur une orbite circulaire d'un quantum croisant l'orbite du premier satellite,

(1) Cfr. REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, juillet 1921, p. 158. — J. De Smedt, *Le modèle d'atome de J. Langmuir*.

ou sur une ellipse de 2 quantums située dans le plan même de cette première orbite (grand axe environ 4 fois supérieur au diamètre précédent). Dans le premier cas, celui de l'hélium normal, l'atome a une stabilité 1,85 fois supérieure à celle de l'hydrogène. C'est la plus grande stabilité d'atome qui soit connue. Dans le second cas, celui de l'hélium métastable, elle est 7 fois moindre que dans le premier.

Pour les atomes plus complexes, où il s'agit de mesurer l'énergie requise pour disjoindre le système formé par l'électron d'une part et le noyau entouré déjà d'un certain nombre de satellites gravitant sur des orbites à quantums déterminés d'autre part, N. Bohr s'appuye sur un principe qu'il nous est impossible d'exposer d'une manière élémentaire. C'est le principe de correspondance : les sauts d'électrons se font généralement par unité de quantum d'énergie et parfois par tel nombre entier peu élevé de quantums qu'on peut déduire de certaines données spectrométriques. S'appuyant sur ce principe et les observations déjà très complètes des séries spectrales, il peut déterminer pour chacun des éléments chimiques, à partir du noyau positif, les orbites où devront s'arrêter successivement les électrons constitutifs de l'atome (en nombre croissant avec le rang de l'élément dans la série périodique). Il détermine ces orbites en assignant les nombres de quantums d'énergie qui y correspondent et qui fixent la valeur, le premier du grand axe de l'ellipse, le second du segment transversal perpendiculaire passant par le foyer.

Voici les grandes arêtes du système périodique de Bohr. Les atomes les plus stables sont ceux des gaz rares, qui se distinguent en même temps par leur inertie chimique. Ils possèdent aussi la symétrie la plus grande. Leur formule de composition est un des résultats les plus solides des conceptions de Bohr. Dans le tableau que nous reproduisons ci-dessous, les orbites de ces éléments sont indiquées par les deux nombres de quantums qui les définissent en commençant par celui qui détermine le grand axe. L'électron peut s'écarter d'autant plus du noyau que ce grand axe est plus long ; mais on comprend qu'une orbite elliptique allongée puisse empiéter sur le domaine des orbites moins allongées.

| lément | Nombre atomique | Nombre d'électrons suivant une orbite (n, k) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1,1 | 2,1 | 2,2 | 3,1 | 3,2 | 3,3 | 4,1 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 5,1 | 5,2 | 5,3 | 5,4 | 5,5 | 6,1 | 6,2 |
| élium | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| éon | 10 | 2 | 4 | 4 | | | | | | | | | | | | | | |
| rgon | 18 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | | | | | | | | | | | | |
| rypton | 36 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | | | | | | | | | |
| énon | 54 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | — | 4 | 4 | | | | | |
| manation | 86 | 2 | 4 | 4 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 6 | 6 | 6 | — | — | 4 | 4 |

On remarquera que le nombre des électrons des diverses couches ne va pas toujours en croissant. Ainsi le krypton, le xénon et l'émanation ne comptent pas dans leurs couches extérieures plus d'électrons que l'argon et le néon. On voit de plus que la structure de l'hélium, deux orbites circulaires croisées, se conserve au cœur de tous les atomes ; elle en forme la couche intérieure la plus stable. Lorsqu'un électron en a été écarté et y revient, il y a émission d'une fréquence de la série K de rayons X. Dans le néon, les quatre orbites elliptiques (2, 1) et les quatre orbites circulaires (2,2) s'organisent avec une symétrie particulière ; un retour d'électrons sur cette couche est accompagné de rayons de fréquence L. Les couches extérieures de l'argon sont le niveau d'arrivée des électrons qui émettent les fréquences de la série spectrale M. Celles du krypton sont le niveau d'arrivée correspondant aux fréquences de la série N : celles du xénon sont le niveau O et celles de l'émanation le niveau P.

On sait comment le tableau des éléments se divise en périodes délimitées par les gaz rares. Le nombre théorique des termes de chacune est égal à celui des nombres atomiques intermédiaires ; et en réalité fort peu restent encore inconnus (1). De l'hélium au néon, on en compte sept, tous connus. Le lithium (N = 3) comprend, outre les deux électrons communs à la structure de l'hélium, un troisième, non pas sur une orbite circulaire (2,2), mais sur une orbite elliptique (2,1) très excentrique, mais plus stable, qui pénètre à l'intérieur de la couche (1,1). Dans la partie de sa trajectoire la plus éloignée du noyau (aphélie), l'électron est périphérique et facilement dissociable. Ceci explique l'affinité propre du lithium. Les éléments suivants, qui ont une affinité de même

(1) Cfr. *Table périodique des éléments*. REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, oct. 1920, p. 396.

signe, glucinium, bore, carbone, se forment par addition successive de nouvelles ellipses (2,1). Dans le carbone ces quatre ellipses ont une symétrie tétraédrale ; sans que toutefois les mouvements des électrons doivent y être synchrones. Les trois éléments qui forment la seconde moitié de la période, l'azote, l'oxygène, le fluor, dont la valence négative marque une tendance à fixer des électrons extérieurs, naissent en captant successivement des électrons sur des orbites circulaires (2,2). Par l'addition d'électrons extérieurs, ils se rapprochent de la forme symétrique du gaz rare le plus voisin, le néon. N. Bohr établit d'une manière analogue de proche en proche la constitution des éléments suivants en tenant compte de leurs propriétés physiques et chimiques, et des conditions de stabilité que ces propriétés suggèrent.

Ces conceptions font nécessairement la part bien large aux hypothèses ; mais elles marquent assurément une orientation heureuse dans les recherches.

**Spectres corpusculaires des éléments** (1). — M. Maurice de Broglie a adapté une méthode basée sur la photoélectricité à la vérification des hypothèses sur la constitution des atomes tirées de la spectroscopie.

La photoélectricité se produit dans certaines conditions lorsqu'un corps est soumis à un rayonnement lumineux. Elle consiste dans l'émission d'électrons par ce corps. Le nombre de ces électrons dépend de l'intensité du rayonnement ; toutefois leur vitesse n'est pas en rapport avec cette intensité, mais seulement avec la fréquence du rayonnement. Pour des vitesses relativement faibles, la vitesse maximum $v$ des électrons détachés par un rayonnement de fréquence $f$ se déduit d'une relation due à Einstein. Cette relation exprime que l'énergie du rayonnement se dépense par quantums élémentaires relatifs à sa fréquence dans la production du phénomène; d'autre part, qu'un travail $p$ est nécessaire pour arracher l'électron ; et que ce qu'on retrouve en énergie cinétique dans l'électron expulsé est la différence entre le quantum

(1) Journal de Physique et Radium, sept. 1921, p. 165. M. de Broglie, *Les phénomènes photoélectriques pour les rayons X et les spectres corpusculaires des éléments*.

et le travail $p$. On a donc : $1/2\ mv^2 = hf - p$. Pour la lumière ordinaire ou le début de l'ultra-violet, la vitesse maximum des électrons atteint mille kilomètres à la seconde, ce qui correspond à une chute de potentiel de quelques volts. On voit que dans ce cas les forces électromotrices parasites ou de contact, qui ont le même ordre de grandeur, peuvent troubler l'observation. L'effet photoélectrique s'intensifie lorsqu'on augmente la fréquence du rayonnement utilisé ; pour les rayons X, les vitesses peuvent être dix mille fois plus grandes que pour la lumière et correspondre à l'effet d'une chute de potentiel de plusieurs milliers de volts. Le terme correctif $p$ peut dans ce cas s'interpréter comme exprimant surtout le travail requis pour arracher un électron à tel ou tel niveau de l'atome. Dès lors si l'on parvient, en déterminant leur vitesse, à évaluer l'énergie cinétique maximum des électrons excités dans un élément par un rayonnement X de fréquence connue, on pourra savoir quel est ce travail et vérifier s'il est bien celui que les hypothèses admises faisaient correspondre aux différents niveaux d'orbites électroniques K, L, M de l'élément considéré.

M. de Broglie s'est servi dans ce but d'une méthode photographique inspirée de celle qui fut employée pour analyser le rayonnement des corps radioactifs. En voici le principe. Dans une boîte plate en bronze, où l'on peut maintenir un vide supérieur à 0,002 mm. de mercure, une fente pratiquée au bas de la paroi latérale est obturée par une lamelle en corne de 0,8 mm. d'épaisseur. Cette fente livre passage au mince faisceau de rayons X excitateurs de fréquence connue. En regard, à l'intérieur de la boîte, est disposé, en avant d'une cavité en plomb qui absorbera tous les rayons nuisibles, un châssis qui supporte une mince bande métallique horizontale, de 0,2 à 0,5 mm. de largeur et de quelques dixièmes jusqu'à 0,01 et 0,001 mm. d'épaisseur, ou une feuille de papier filtre endàite du composé à expérimenter comme radiateur photoélectrique. A quelque distance perpendiculairement au-dessus de ce radiateur secondaire, une fente pratiquée dans un couvercle horizontal en plomb offre une issue large de 1 à 2 mm. aux corpuscules et aux radiations qui s'en échappent; une plaque photographique verticale est placée normalement à cette fente ; une autre, horizontale, est disposée sur le

couvercle, à côté de la fente, de manière que la couche sensible soit au niveau des lèvres supérieures de celle-ci. La boîte de bronze est placée entre les disques verticaux en fer doux d'un électroaimant à intensité de champ magnétique uniforme et réglable entre 100 et 400 gauss dans l'entrefer.

Ainsi le radiateur étudié, par le fait du rayonnement X qu'il subit, émet lui-même des rayons X qui traversent en ligne droite la fente supérieure, et des rayons corpusculaires d'électrons que le champ magnétique dévie suivant des trajectoires circulaires dont le diamètre croît avec leur vitesse. Ce diamètre peut être mesuré ; il est égal en effet à la distance du radiateur au point d'impact de l'électron sur la plaque horizontale. Il varie dans les conditions usuelles entre 40 et 80 mm. On peut en déduire la vitesse des électrons, quand on connaît l'intensité du champ magnétique. Avec des temps de pose de 1 à 3 heures, M. de Broglie put enregistrer des spectres corpusculaires magnétiques et faire les pointés nécessaires sur le bord qui était généralement assez net du côté des grandes vitesses des raies obtenues. L'énergie cinétique des électrons dégagés étant égale à un quantum d'une fréquence correspondante, il estime pouvoir mesurer cette fréquence avec une approximation minimum de 3 pour 100.

Voici les remarquables résultats qu'il obtint dans ces recherches :

1. Les électrons excités par les rayons X dans les différents éléments ont des vitesses de sortie déterminées ; les groupes d'électrons d'égale vitesse se révèlent par les raies du spectre magnétique corpusculaire. Ces raies se rattachent nettement aux raies spectrales des rayons X utilisés ; mais pour obtenir les fréquences corpusculaires il faut retrancher des fréquences excitatrices un nombre qui exprime, aux erreurs d'expériences près, les travaux de sortie des électrons issus des différents niveaux du modèle d'atome de Rutherford-Bohr.

2. La masse dont il faut tenir compte pour évaluer l'énergie cinétique des électrons photoélectriques doit être considérée comme variable avec la vitesse, et l'énergie cinétique elle-même doit être exprimée par une fonction plus complexe du carré de la vitesse. C'est du moins ce que suggèrent le bon

accord et la symétrie des résultats obtenus en adoptant cette hypothèse plutôt que celle de l'invariabilité de la masse.

L'accord de ces résultats basés sur la mesure d'une longueur et d'un champ magnétique avec ceux que fournit la spectrométrie des rayons X, constitue en particulier une confirmation de l'estimation des constantes réticulaires des cristaux que suppose la spectroscopie.

**Le noyau des atomes. Sa désintégration artificielle** (1). — Les rayons X sont, comme on sait, des particules électriques positives d'hélium, résultat de la désintégration spontanée du noyau de certains atomes, dits radioactifs. Les phénomènes de dispersion de ces rayons par diverses substances avaient amené Rutherford à substituer au modèle atomique continu de J. J. Thomson sa conception nouvelle, généralement adoptée aujourd'hui : un noyau positif, extrêmement ramassé et dense, au centre d'un système planétaire d'électrons. Il pouvait dès lors rendre compte de la manière dont se répartissent les corpuscules X, lorsqu'ils rencontrent un obstacle, par exemple une feuille d'or. Certains ont pénétré très avant à l'intérieur du métal lourd, jusque près du noyau; ils y ont subi une déviation, voire un recul, incompatible avec les dimensions relativement considérables que Thomson attribuait au noyau. C'est encore aux rayons X que recourt l'éminent physicien pour essayer d'analyser la structure du noyau des éléments.

On sait que le poids des atomes se trouve pour ainsi dire tout entier dans leur noyau positif : un électron en effet pèse environ 1850 fois moins que l'atome le plus léger, d'hydrogène, et le nombre d'électrons satellites, égal au nombre atomique, ne peut dépasser 92. Cependant c'est moins par sa masse que par sa charge électrique positive résultante, qui dans les isotopes correspond généralement à des masses différentes, que le noyau détermine les propriétés physiques et chimiques de l'atome : ces dernières en effet résultent en général du nombre des électrons satellites et de leur répartition. Les procédés expérimentaux ordinaires n'ont de prise que sur

(1) Journal de Physique et Radium, avril 1922, p. 133. E. Rutherford, *La désintégration artificielle des éléments*.

ces électrons. L'affinité chimique n'intéresse que les couches périphériques, sans modifier sensiblement les couches sous-jacentes, puisque les spectres des éléments se conservent dans ceux des corps composés ; la lumière provient des électrons de la zone moyenne, et les rayons X de ceux des zones péri-nucléaires. Les procédés chimiques et physiques ordinaires sont donc incapables de produire autre chose qu'une transformation transitoire, l'atome retournant de lui-même à son état primitif. Au contraire les phénomènes radio-actifs, que nous ne pouvons d'ailleurs nullement gouverner à notre guise, accompagnent un changement irréversible. Ils résultent d'une véritable explosion du noyau : la projection d'un corpuscule α, de masse 4 et de charge 2, abaisse de deux unités le rang de l'élément ; celle d'un corpuscule β, c'est-à-dire d'un électron, l'augmente d'une unité. Rutherford eut l'heureuse idée d'essayer si les corpuscules projetés par les corps radio-actifs ne pouvaient servir de projectiles pour séparer les constituants du noyau des atomes. Une particule α du radium par exemple possède une énergie cinétique très considérable : lancée à la vitesse d'environ 16000 km., elle va 20000 fois plus vite qu'une balle de fusil ; à égalité de masse, elle posséderait donc 400 millions de fois plus d'énergie cinétique. On pouvait croire à première vue que les atomes les plus lourds se laisseraient plus facilement entamer par ces puissants projectiles. Ne leur offrent-ils pas une cible plus grande ? En réalité les atomes lourds sont moins vulnérables, parce que plus solidement constitués que les atomes légers. En mesurant les trajectoires des particules α au passage à travers des éléments lourds, Rutherford a pu estimer l'ordre de grandeur des diamètres de noyau de ces derniers à 40 milliardièmes de micron, soit 5 mille fois moins que le diamètre d'orbite de leurs électrons périphériques, la proportion de 2 mm. à 10 mètres. D'autre part l'hélium par exemple, bien qu'une cinquantaine de fois plus léger, aurait un noyau huit fois plus étroit seulement. Cela fait supposer que les forces de cohésion sont beaucoup plus considérables dans les atomes lourds. D'ailleurs, les forces de répulsion de la charge positive plus grande de ces noyaux s'opposent évidemment plus énergiquement à la pénétration d'une particule α dans le noyau. Dans l'édifice nucléaire des

atomes légers, la particule α peut pénétrer en gardant une grande partie de son énergie.

Pour se rendre compte des forces développées dans le choc des particules α, on a étudié spécialement leur action sur l'hydrogène. L'effet ne pouvait être ici une désintégration du noyau, qui est simple. On observa que les atomes heurtés ont en moyenne des parcours quadruples des particules, ainsi qu'on peut aisément le déduire du nombre d'éclats de fluorescence aux points d'impact sur un écran de sulfure de zinc. Ces proportions s'expliquent aisément par la transmission de la quantité de mouvement de la particule à un atome quatre fois plus léger. Mais le nombre des atomes H rapides est beaucoup plus grand qu'on n'aurait pu le prévoir en admettant que particules α et noyaux d'hydrogène agissent comme des masses ponctuelles aux très petites distances que supposent ces collisions ; de plus, la manière dont ce nombre dépend de la vitesse des particules α considérées, et la direction que prennent les atomes projetés ne s'accordent pas avec la conception des charges ponctuelles. Un modèle de particule α qui permettrait d'interpréter les phénomènes observés serait un sphéroïde d'axes égaux respectivement à 800 et 500 milliardièmes de micron. La loi de l'inverse du carré de la distance s'appliquerait en dehors de cette surface, mais les forces augmenteraient beaucoup plus rapidement lorsque le noyau H entre dans le sphéroïde.

Depuis ses premières expériences sur la désintégration de l'azote, Rutherford a réussi à perfectionner sa méthode d'observation. Il a pu augmenter à la fois l'intensité des scintillations et la surface observable de l'écran de sulfure de zinc ; ainsi le dénombrement des particules est devenu chose beaucoup plus aisée et plus rigoureuse.

L'appareil qu'il emploie dans ses recherches est d'une simplicité remarquable. C'est un tube de laiton de 3 cm. de diamètre, muni latéralement aux deux bouts de robinets pour la circulation de gaz desséchés. La source radio-active, généralement du radium C, est fixée sur une tige mobile dans le tube. Une extrémité de celui-ci porte une ouverture fermée par une mince plaque d'argent. Au dehors, en regard de cette ouverture, l'écran de sulfure de zinc est placé à une distance de 1,3 mm., laissant un intervalle libre où l'on

pourra glisser des feuilles de mica d'épaisseurs diverses. Pour diminuer la luminosité que provoqueraient sur l'écran les rayons β issus de la source en même temps que les α, l'ensemble est installé dans un champ magnétique intense.

Cet appareil permet les observations suivantes. Pour mesurer l'action des particules α, on utilise par exemple comme source un disque de laiton portant une couche invisible de radium C d'activité équivalente à 40 mgr. de radium, dont les particules sont capables de parcourir 7 cm. dans l'hydrogène. On fixe la source à 3,5 cm. de l'écran et on fait en sorte qu'entre les deux l'ensemble des matières interposées aient le pouvoir absorbant de 20 cm. d'air, c'est-à-dire suffisant pour arrêter tous les corpuscules α qui n'auraient pu traverser que 20 cm. d'air. Dans ces conditions, si on observe au microscope 40 $mm^2$ de l'écran, les scintillations dépassent plusieurs milliers par minute, tant sont nombreux les atomes d'hydrogène très rapides libérés par les rayons α. Si on augmente le pouvoir absorbant du milieu, en intercalant des feuilles de mica, le nombre des scintillations diminue rapidement, et pour une absorption équivalente à 30 cm. d'air les éclats cessent complètement. Si on remplace dans le tube l'atmosphère d'hydrogène par de l'oxygène et qu'on interpose sur le trajet des rayons une substance contenant de l'hydrogène, le nombre des scintillations dépend uniquement de la quantité d'hydrogène en présence, nullement de son état chimique. C'est que l'affinité chimique n'oppose pas de résistance en rapport avec l'énergie des particules α. Ainsi. quel que soit l'état dans lequel l'hydrogène est interposé entre la source et l'écran distant de 3,5 cm., une absorption de 30 cm. suffira pour se garantir des scintillations dues à cet hydrogène.

Si on maintient ces conditions de distance et d'absorption. et si l'on substitue dans le tube à l'oxygène inactif de l'air sec, aussitôt les scintillations reprennent, plus de 100 à la minute ; elles ne disparaissent que lorsqu'en intercalant des lames de mica on porte l'absorption à 40 cm. Les particules qui les provoquent ont évidemment un plus grand parcours que les atomes d'hydrogène libres heurtés par les corpuscules α.

On remplace de nouveau l'air du tube par de l'oxygène,

qui est sans action, nous l'avons vu. On place successivement sur la source de minces feuilles de métal correspondant à un pouvoir absorbant de 3 cm. Avec une absorption de 30 cm., nulle scintillation n'est observée pour les feuilles de cuivre, de fer, d'argent, d'or, par exemple. Dès qu'on leur substitue une feuille d'aluminium, les scintillations dépassent la centaine à la minute, et ne disparaissent que pour une absorption de 90 cm.

De cette manière Rutherford et Chadwick ont examiné un grand nombre d'éléments. Lorsque ces derniers n'étaient pas utilisables comme tels, ils se servaient d'un de leurs composés avec des substances inactives, l'oxygène par exemple, et en saupoudraient une feuille d'or, de manière à former une couche équivalente à 3 ou 4 cm. d'air. Les éléments qui provoquent des éclats sur l'écran malgré une absorption de 32 cm., sont : le bore, l'azote, le fluor, le sodium, l'aluminium, et le phosphore ; ces deux derniers surtout.

Le nombre de scintillations diminue très rapidement avec la vitesse des corpuscules employés au bombardement, vitesse variable avec la distance de la source à l'obstacle.

Fait remarquable : pour l'aluminium on a trouvé autant de particules rapides projetées en deçà de l'obstacle qu'au delà. La chose n'a pu être constatée pour l'azote, mais n'a pas encore été étudiée pour d'autres corps. Il faut s'attendre à retrouver le même phénomène dans le phosphore, qui est le plus actif après l'aluminium.

La nature des corpuscules qui provoquent ces scintillations a pu être établie, du moins pour le fluor, le phosphore et l'aluminium, par comparaison de la déviation qu'ils subissent dans un champ magnétique intense avec celle que subissent les atomes rapides d'hydrogène traversé par des rayons X. Ces corpuscules sont des atomes d'hydrogène porteurs d'une charge élémentaire positive ; ce sont des noyaux d'hydrogène. Leur énergie cinétique est supérieure à celle de ces atomes libres simplement chassés, puisque leur parcours est supérieur. Dans le cas de l'hydrogène libre, une particule $\alpha$ communique à un atome qu'elle heurte, dans la direction de la collision, une fraction de son énergie égale à 0,64. On peut calculer que lorsque les atomes d'hydrogène

arrachés par choc à un noyau atomique ont un parcours supérieur à 56 cm. environ, ils ont une énergie supérieure à celle de la particule α incidente. Dans l'aluminium, leur énergie maximum est 1,4 fois aussi grande.

Pour rendre compte du mécanisme du phénomène, Rutherford remarque qu'il ne s'observe pour aucun élément dont le poids atomique est multiple de 4, le carbone et l'oxygène par exemple, mais seulement pour des corps dont la masse atomique est exprimée par l'une des deux formules, $4n + 2$, ou $4n + 3$. On se rappelle que dans les phénomènes de radioactivité, les corpuscules expulsés spontanément hors du noyau, ne sont autres que des noyaux d'hélium, de masse atomique 4, ou des électrons de masse atomique négligeable. Il semble d'après cela que les noyaux de tous les éléments se composent de noyaux d'hélium et de noyaux d'hydrogène, ou protons. Dans l'azote, ($N = 14$) les noyaux d'hélium seraient au nombre de trois ; autour d'eux graviteraient 2 protons satellites. Dans l'aluminium, ($N = 27$) il y aurait 6 noyaux d'hélium et 3 protons. Pour les très petites distances, seules compatibles avec les dimensions nucléaires, Rutherford estime que les forces de répulsion entre restes positifs d'hélium et d'hydrogène font place à des forces d'attraction beaucoup plus intenses, qui seules expliqueraient l'extrême cohésion des noyaux atomiques. D'où les énergies très considérables à mettre en jeu pour arracher au noyau un de ses satellites. Cette énergie elle-même est évidemment en proportion de la proximité où le satellite hydrogène se trouve par rapport au centre nucléaire. Dans l'azote, élément léger, cette proximité est moindre que dans l'aluminium, notablement plus lourd. Aussi, puisque les particules qui ont réussi à disloquer un atome d'aluminium devaient avoir une énergie beaucoup plus considérable, on comprend que le proton expulsé de ce métal ait plus de force vive que celui qu'une particule moins violente a pu détacher d'un atome d'azote. Le fait que les atomes rapides H projetés par l'aluminium se répartissent dans toutes les directions en nombre égal, mais avec des vitesses moindres du côté même des rayons α, amène Rutherford à interpréter la désingrégation de cet atome, en considérant le corpuscule α, non point comme un simple déflagrateur, ou détonateur,

mais comme un projectile agissant véritablement par choc. Suivant qu'au moment du choc, le proton satellite, proche de l'aphélie de son orbite, se trouve à côté ou en avant du gros du noyau, il sera chassé vers l'extérieur dans la direction marquée par la particule, ou bien il sera refoulé vers le centre du noyau, le contournera et finira par sortir dans la direction d'où arrivait la particule.

Cette explication est simple ; mais on comprend difficilement que d'une part entre le centre positif du noyau et son satellite également positif s'exercent de grandes forces d'attraction et que d'autre part entre la particule positive $\alpha$ et ce satellite il y ait répulsion, comme le suppose l'interprétation par choc.

Quoi qu'il en soit, Rutherford fait des remarques fort suggestives au point de vue de la stabilité des noyaux atomiques d'après les rapports entre leurs masses. On sait que si la masse de l'atome d'oxygène est égalée à 16, celle de l'atome d'hydrogène vaut 1,0077. Quatre atomes d'hydrogène formeraient dans l'atome d'hélium une masse 4, la perte en poids total équivalant à l'énergie dégagée lors de cette combinaison intra-atomique. Cette énergie serait plus de trois fois supérieure à celle des particules $\alpha$ les plus rapides du radium. On comprend dès lors la singulière stabilité de l'atome d'hélium, qui distingue cet élément parmi tous les autres. Mais puisque l'azote est dissociable, il semble que l'énergie libérée lors de sa composition à partir de trois noyaux d'hélium et de deux noyaux d'hydrogène ne puisse expliquer la valeur entière (14) de sa masse atomique. Cette valeur devrait plutôt être égale à 14.01. Rutherford estime de même que pour les autres éléments légers la masse atomique effective des protons qui les composent varie de 1,007 à 1,000 d'après l'intimité de la liaison. Il conclut de ce que pour certains le poids atomique est multiple exact de 4 que la composition de ces atomes à partir de l'hélium n'a pas été accompagnée d'un grand dégagement d'énergie, donc qu'il doit être relativement facile d'en détacher des noyaux d'hélium.

Rutherford avait cru pouvoir identifier, par l'étude de leur déviation dans un champ magnétique, des particules de masse triple de l'hydrogène et de charge électrique double

seulement. Il a reconnu depuis que ces expériences étaient incertaines et incline à voir dans ces corpuscules des masses égales à 4. Ils constitueraient une nouvelle forme de transformation du Radium C.

Si des particules α venaient à libérer d'autres particules α constituantes d'atomes, il est probable que celles-ci auraient une énergie au plus égale à celle du projectile primaire, elles échapperaient donc à la méthode d'observation décrite ci-dessus. On peut appliquer à l'étude de la décomposition par choc la méthode ingénieuse de C. T. R. Wilson. Elle permet de photographier pour ainsi dire la trajectoire même des corpuscules α, à cause des ions qu'ils produisent tout le long de leur parcours et sur lesquels se forment des gouttes par la détente du gaz humide employé pour l'expérience. Les collisions avec les atomes du gaz déterminent de fréquentes déviations des trajectoires, et souvent, à l'extrémité de celles-ci, on observe une fourche : d'un côté la particule déviée continue sa course, de l'autre l'atome heurté trace ce que les physiciens appellent un éperon. Les mesures de ces trajectoires, dont on peut retrouver la position exacte dans l'espace en les photographiant simultanément suivant deux directions à angle droit, confirment en général les conceptions de Rutherford (1). Peut-être permettront-elles bientôt de résoudre encore bien des questions relatives à l'action des particules.

Ni les rayons β ni les rayons γ ne semblent avoir une énergie suffisante pour produire des effets décelables par la méthode des scintillations, même dans une atmosphère d'hydrogène libre ; à plus forte raison semblent-ils incapables d'arracher des protons aux atomes. Toutefois des particules α déterminent parfois sur leur passage un rayonnement secondaire γ. Celui-ci pourrait indiquer que certains noyaux émettent aussi des électrons, et changeraient ainsi de nature chimique. Peut-être cette émission d'électrons nucléaires compromettrait-elle l'équilibre du noyau et pourrait-elle entraîner indirectement la désintégration en particules α ; mais le fait doit être extrêmement rare.

(1) Comptes Rendus de l'Ac. des Sciences, 16 août 1922. P. Augier et F. Perrin, *Sur les chocs entre particules α et noyaux atomiques.*

Il faut se rappeler que la désintégration par les particules α ne se produit que dans des proportions extrêmement restreintes. Quand une particule provenant du radium C traverse l'aluminium, il est probable qu'elle traverse à peu près 100.000 atomes ; mais de 500.000 particules une seulement approche assez du noyau pour libérer un atome d'hydrogène. Un gramme de radium produit en un an, par émission α, 163 $mm^3$ d'hélium. En supposant que ces particules soient toutes projetées sur l'aluminium, la quantité d'hydrogène libéré ne pourrait dépasser un millième de $mm^3$.

Il semble dès lors fort improbable qu'il ait été possible dans certaines expériences de provoquer des transmutations atomiques par l'emploi de moyens physiques tels que les décharges électriques très denses à très haut potentiel.

**La longueur d'onde des rayons γ** (1). — Les corps radio-actifs émettent, outre les rayons corpusculaires α et β, une troisième sorte de rayonnement appelé γ, qui ne s'observe qu'en connexion avec les précédents. Ne subissant pas de déviation dans un champ magnétique ni dans un champ électrique, il constitue des ondes analogues aux rayons X, mais encore plus pénétrantes et de fréquence supérieure. La longueur d'onde en est généralement trop petite même en comparaison des distances qui séparent les atomes dans les cristaux pour qu'elle puisse se mesurer comme celle des rayons X. Ce rayonnement γ issu des profondeurs du noyau atomique nous renseignera peut-être un jour sur la structure de celui-ci, comme les rayons X nous ont éclairé sur la répartition des électrons satellites. Une première chose à connaître serait sa longueur d'onde.

Rutherford et Andrade ont cru au début pouvoir la mesurer, en modifiant quelque peu la méthode de Laue et celle des Bragg, pour le rayonnement γ du radium B + C ; leurs résultats s'interprètent de préférence aujourd'hui comme les longueurs d'onde des rayons X caractéristiques du plomb et du bismuth, dont les radiums B et C sont isotopes.

(1) Die Naturwissenschaften, 21 avril 1922, p. 381. L. Meitner, *Ueber die Wellenlaenge der γ Strahlen*.

Depuis quelque temps on étudie la longueur d'onde du rayonnement γ en tenant compte de ses rapports avec le rayonnement β. En effet, des rayons γ ionisent les corps en expulsant des électrons des couches périphériques des atomes. D'après la théorie des quanta, toute l'énergie du rayonnement γ est un multiple exact du quantum d'énergie correspondant à sa fréquence, $h f$. Dans l'ionisation, un quantum est dépensé à tirer l'électron de son niveau atomique K, L ou M, et à lui communiquer de l'énergie cinétique. La relation d'équivalence entre le quantum d'une part et le travail d'extraction plus l'énergie cinétique d'autre part permet de calculer la fréquence et partant la longueur d'onde d'un rayonnement γ qui chasse un électron d'un niveau atomique connu. La vitesse des électrons au sortir de l'atome se mesure par leur déviation dans un champ magnétique ; la spectrométrie des rayons X renseigne sur l'énergie nécessaire pour enlever un électron de telle ou telle couche périphérique. D'après cette méthode C. D. Ellis a trouvé, pour le rayonnement γ du radium B, 5,19 ; 4,23 et 3,54 centièmes d'U. A. Il supposait toutefois que les électrons observés provenaient du niveau K des atomes.

Des travaux récents ont suggéré une nouvelle interprétation des relations qui existent entre le rayonnement β et le rayonnement γ. Les corpuscules β primaires issus d'un noyau atomique auraient une vitesse unique de sortie, et une énergie déterminée, caractéristique de l'élément, et supplémentaire de celle qu'exige leur expulsion du noyau. On admet qu'au lieu de quitter le noyau les électrons ébranlés s'y maintiennent parfois ; mais alors l'énergie supplémentairt ci-dessus est transformée en rayonnement γ équivalent, soie un quantum de fréquence caractéristique. Ce rayonnement détermine, autour du noyau, l'expulsion d'un électron périphérique hors de tel ou tel niveau de l'enveloppe. Il provoque donc un rayonnement β secondaire. A celui-ci on peut appliquer les calculs exposés plus haut pour déduire la fréquence d'un rayonnement γ à partir de la vitesse des électrons qu'il enlève à tel ou tel niveau atomique. Des vérifications même sont possibles ; car il doit y avoir égalité entre l'énergie cinétique caractéristique des électrons nucléaires lorsqu'ils quittent effectivement le noyau, le quan-

tum d'énergie rayonnante $\gamma$ en lequel se transforme cette énergie lorsqu'ils ne quittent pas le noyau, et enfin la force vive des électrons secondaires détachés par ce rayonnement de tel niveau périphérique augmentée de l'énergie dépensée dans ce travail d'extraction.

En s'appuyant sur ces considérations, on a pu déterminer la longueur d'onde des rayons $\gamma$ caractéristiques du thorium B. Elle vaut 5,2 centièmes d'U. A. ; pour le radium elle vaut 6,6 centièmes ; et pour le radium D 2,9 dixièmes d'U. A. La plus courte longueur d'onde mesurée actuellement est celle du rayonnement $\gamma$ du thorium C'', soit 2,45 centièmes d'U. A. Elle est cinq fois plus petite que les rayons X caractéristiques les plus pénétrants connus, série K de l'uranium. Mais il doit certainement y avoir des longueurs d'onde encore notablement inférieures, car la vitesse caractéristique des électrons nucléaires du thorium C'' vaut 87 centièmes de celle de la lumière, et l'on connaît des rayons $\beta$ dont la vitesse vaut jusque 98 centièmes de cette vitesse. On aura remarqué d'ailleurs que le rayonnement $\gamma$ peut dans certains cas avoir une fréquence du même ordre que les rayons X; ainsi celui du radium D. Comme dans cet élément la fréquence minimum du rayonnement $\gamma$ requis pour détacher un électron du niveau K de l'atome est beaucoup supérieure à celle qui correspond à la longueur d'onde de 2,9 dixièmes d'U. A., et supposerait une longueur d'onde de 1,385 dixièmes seulement, les électrons du rayonnement B secondaire du radium D peuvent être issus tout au plus du niveau L, ou du niveau M.

On applique la méthode des quanta pour rendre compte de la différence des effets observés dans le rayonnement $\beta$ et le rayonnement $\gamma$. Le premier agirait en vertu de la force vive des électrons qui le constituent, et celle-ci pourrait se débiter par fractions d'importance quelconque ; tandis que le rayonnement $\gamma$ constitué par des quantums élémentaires d'énergie n'agirait qu'en échangeant chaque fois la valeur d'un quantum relatif à sa fréquence. Un corpuscule B heurtant un atome l'ionisera par choc, en arrachera tel ou tel électron périphérique, en ne lui communiquant guère plus que l'énergie indispensable pour le sortir de son orbite, et gardera après cela une portion de sa propre énergie cinétique. Un

quantum de rayonnement γ, au contraire, traversera l'atome et détachera tout au plus un électron, mais ceci dans un niveau tel que l'énergie nécessaire pour l'en tirer équivaille à peu près au quantum rayonnant. Cet électron constituera un rayon β secondaire et pourra à son tour ioniser sur son parcours. Ainsi s'expliquerait la différence d'aspect des rayons β et des rayons γ par le procédé de condensation de vapeur sur les ions (Wilson). Les rayons β tracent pratiquement des lignes droites; on n'y distingue guère de longs rameaux latéraux qui trahiraient des électrons chassés avec grande vitesse de leurs orbites ; les ions formés restent relativement en place. Les rayons γ au contraire ne tracent pas de trajectoire unique bien déterminée ; leurs images sont plus ou moins denses par endroits, car la probabilité de leur action par choc est moindre que celle des rayons et leur action plus irrégulière d'autant ; autour des plages trahissant leur activité on distingue des traînées d'ions en tous sens : celles-ci marquent le passage des électrons ionisants du rayonnement β secondaire.

H. Dopp.

---

## HYGIÈNE ET INDUSTRIE ALIMENTAIRES (1)

**Les aliments.** — *Le coefficient d'utilisation intestinale* des principes nutritifs ingérés, qui est en moyenne de 0,83 environ pour les matières protéiques, 0,90 pour les corps gras et 0,95 pour les hydrates de carbone, varie d'après le genre de ces principes et d'après la nature des autres constituants de l'aliment, abstraction faite des dispositions personnelles des consommateurs. Ainsi, les matières protéiques de la viande s'assimilent mieux que celles de la farine (2). Ainsi encore, une forte teneur de l'aliment en cellulose réduit les proportions assimilées, principalement celles de la cellulose même, de la protéine et des pentosanes. Une ration alimentaire pauvre en cellulose peut avoir dans l'ensemble pour coefficient

(1) Voir cette Revue, année 1922, II, p. 221.
(2) Chimie et Industrie, 1922, I, p. 1105 ; II, p. 61.

d'utilisation 0,94 environ ; une ration riche en cellulose, tels le pain noir, les pois non décortiqués, etc., 0,85, 0,75 ou moins encore. Les coefficients d'utilisation sont respectivement dans les deux cas : pour les pentosanes ou l'hémicellulose, faciles à hydrolyser, 0,91 et 0,76 ; pour les protéines, 0,86 et 0,64 ; pour la cellulose, 0,74 et 0,24.

Notons en passant qu'une forte teneur en cellulose provoque la soustraction en plus grande quantité, par les sucs digestifs, de substances azotées de l'organisme.

Pour l'*évaluation du pouvoir calorifique* des divers principes constitutifs, on ne se borne pas toujours à envisager séparément les matières protéiques (4,4 calories par gramme), les corps gras (9,3 calories) et les hydrates de carbone (4,15 calories) ; mais on distingue parfois, lorsqu'on veut procéder à des évaluations plus exactes :

*a.* — entre les protéines brutes, comprenant l'ensemble des principes organiques azotés, et les protéines pures, précipitables par l'hydroxyde cuivrique ; de ce dernier groupe sont ainsi exclues les amines et les amides, dont le pouvoir calorifique est plus voisin de celui des hydrates de carbone que de celui des protéines pures ;

*b.* — entre les divers genres et espèces de corps gras ;

*c.* — parmi les matières organiques non azotées ni grasses, souvent désignées sous le nom d'hydrates de carbone, entre : la cellulose, comprenant la lignine et la cutine dont la valeur calorifique est relativement élevée ; les pentosanes ou l'hémicellulose ; les autres matières hydrocarbonées (fécules, sucres, etc.) ; les principes divers, entre autres l'alcool (1).

*La quantité de calories nécessaire à l'organisme* pour un degré déterminé d'activité, est proportionnelle à la surface du corps plutôt qu'au poids de celui-ci. D'aucuns l'évaluent en tenant compte à la fois de la surface et du poids, chaque décimètre carré et chaque kilogramme exigeant l'un et l'autre un nombre déterminé de calories.

(1) BULL. DE L'OFF. INTERNATIONAL D'HYG. PUBL., 1922, p. 1292.

La surface peut se déduire approximativement du poids et de la taille, le corps humain étant assimilé à un ensemble de corps réguliers (cylindriques, sphériques, etc.) et le poids spécifique étant supposé connu et constant.

La production effective de chaleur résultant du métabolisme, peut être évaluée rapidement et sûrement en dosant l'urée dans les urines et en mesurant l'oxygène absorbé, ainsi que l'acide carbonique éliminé, par unité de temps. On sait que chaque litre d'oxygène absorbé correspond : pour les hydrates de carbone, à 1 litre d'acide carbonique et à 5,047 calories ; pour les graisses, à 0,707 litre d'acide carbonique et à 4,686 calories ; pour les protéines, à 0,800 litre d'acide carbonique et à 4,485 calories. La quantité de chaleur fournie par les protéines est obtenue directement par le dosage de l'urée : chaque gramme d'azote indique la production de 26,51 calories. Pour connaître les nombres de calories donnés par les graisses et par les hydrates de carbone, on calcule les volumes d'acide carbonique et d'oxygène correspondant aux calories fournies par les protéines ; on les soustrait respectivement des quantités totales mesurées de ces corps et on prend le rapport entre les deux restes. En comparant ce rapport à ceux de la même espèce, indiqués ci-dessus, qui caractérisent les graisses et les hydrates de carbone envisagés isolément, on peut calculer le pourcentage respectif de ces principes et en déduire les nombres de calories provenant de chacun d'eux. Mais on se borne généralement à déterminer, outre le nombre de calories donné par les protéines, celui qui est fourni par le mélange des graisses et des hydrates de carbone, d'après le rapport, obtenu comme ci-dessus, entre les volumes d'acide carbonique et d'oxygène correspondant à ce mélange. Souvent même, dans la pratique courante, on se borne à calculer approximativement le nombre de calories donné par l'ensemble des principes oxydables, en attribuant au litre d'oxygène absorbé une valeur calorifique moyenne, par exemple, celle qui correspond au rapport entre les volumes d'acide carbonique et d'oxygène afférents au mélange des graisses et des hydrates de carbone. Le dosage de l'urée devient alors inutile (1).

(1) Bull. Acad. royale de Méd. de Belgique, 1922, p. 147.

Les études relatives *aux amines acides* indispensables et *aux vitamines*, se continuent activement ; les résultats concordent, dans les grandes lignes, avec ceux des précédentes recherches.

Parmi les amines acides, le tryptophane et l'arginine ou l'histidine sont nécessaires, tant pour la nutrition normale (équilibre azoté) que pour la croissance ; en outre, la cystine est indispensable pour la nutrition normale ; la lysine, pour la croissance. Tous ces principes sont contenus dans le muscle, dans la caséine, dans la lactalbumine et dans la gliadine du blé, sauf la cystine qui se trouve seulement dans la caséine et dans la gliadine ; la lysine se rencontre également dans la gélatine ; l'arginine et l'histidine, dans la gélatine et dans la zéine (maïs).

La vitamine A, antirachitique, nécessaire pour la croissance et pour la conservation du poids, se rencontre dans le lait, le beurre, le jaune d'œuf, l'huile de foie, l'embryon et le péricarpe des graines de céréales, les choux, les laitues, les épinards, etc.

Les vitamines B, antibéribériques et antinévritiques, préventives contre les œdèmes, se trouvent notamment dans les germes et les enveloppes des céréales, les légumineuses, la levure, les œufs, le lait.

La vitamine C, antiscorbutique, se rencontre dans les végétaux frais : citrons, oranges, raisins, choux, oignons, tomates ; dans les céréales, dans le lait (1).

*La surveillance du commerce des denrées alimentaires* est exercée en Belgique par les communes et aussi, depuis 1890, par l'État qui a été chargé, en outre, de porter des règlements sur ce commerce.

Il est interdit de vendre des denrées alimentaires contrefaites, falsifiées, gâtées ou corrompues, contenant des matières de nature à donner la mort ou à altérer gravement la santé, ou simplement déclarées nuisibles par un règlement, ainsi que des substances alimentaires n'offrant pas les garanties de pureté, de bonne conservation et d'innocuité prescrites par les lois et règlements spéciaux.

(1) CHIMIE ET INDUSTRIE, 1922, I, p. 870 ; II, pp. 800 et 990 ; REVUE D'HYGIÈNE, 1922, p. 232.

Près de 200 communes s'occupent plus ou moins activement de la surveillance, en signalant à la justice les infractions constatées. Le service d'État institué à cette même fin comprend une douzaine d'inspecteurs, indépendamment des chimistes chargés de l'exécution des analyses.

Durant la période de 1913 à 1920, la moyenne annuelle des infractions relevées et dénoncées aux tribunaux par les inspecteurs des communes et par ceux de l'État, a été de 5.000 environ. Les denrées ayant donné lieu à des infractions sont principalement le lait et le beurre, puis les viandes préparées, la bière, les graisses et les huiles, les confitures et les limonades, les fromages, le cacao et le chocolat, le café et la chicorée, les farines et le pain, les vins et les vinaigres, etc.

Outre cette inspection, exercée au hasard et à l'improviste sur les denrées livrées au commerce, une expertise rigoureuse des viandes est pratiquée d'une façon régulière, préalablement à la mise en vente, dans toutes les communes du pays.

Le Gouvernement belge est le premier qui ait organisé sur des bases scientifiques un service général de surveillance du commerce des denrées alimentaires. Ce service fonctionne depuis plus de trente ans à la satisfaction du public, qui en réclame le développement (1).

**Les viandes, le poisson, les œufs, les fromages.** — L'application du froid à la conservation des viandes, du poisson, des œufs et des autres denrées périssables, fait constamment de nouveaux progrès et favorise l'importation de ces denrées de pays lointains.

C'est ainsi que des *œufs congelés*, liquides ou entiers, nous arrivent maintenant de l'Amérique, de l'Australie et de l'Extrême-Orient, en quantités de plus en plus importantes. D'après le Conseil supérieur d'hygiène de France, la richesse bactérienne des œufs congelés est, dans l'ensemble des cas, de beaucoup inférieure à celle des œufs frais du commerce. Les industriels (pâtissiers, biscuitiers, etc.) qui utilisent les œufs congelés, prennent soin de ne recevoir cette marchandises qu'au fur et à mesure du travail, à moins qu'ils ne possè-

(1) Bull. de l'Administr. de l'Hygiène, 1921, p. 216 ; 1922 (sous presse).

dent des chambres froides pour y conserver les œufs jusqu'au moment de leur emploi (1).

*Les fromages* se différencient principalement les uns des autres par leurs teneurs en eau et en matière grasse. Un règlement danois limite à 60 p. c. la proportion d'eau dans les fromages mous, quelle que soit la teneur en matière grasse, et à 50, 54, 57 ou 60 p. c. les proportions d'eau dans les fromages demi-fermes ou durs, suivant que la teneur en matière grasse est plus ou moins élevée. On distingue, au point de vue de la proportion de corps gras, trois types de fromages mous, pour lesquels les minima de ces matières sont de 45, 30 et 20 p. c. de la denrée sèche, et cinq types de fromages durs, pour lesquels les minima sont respectivement de 45, 30, 20, 10 et 0 p. c. Le Gervais et le Roquefort contiennent normalement 50 p. c. au moins de matière grasse ; le Camembert, l'Emmenthal et le Cheddar, 45 p. c. au moins ; le Gouda, l'Edam et le Limbourg, 45, 30 ou 20 p. c. suivant la variété dont il s'agit (2).

**Le lait.** — Il doit, de préférence, être consommé à l'état frais. La pasteurisation à une température quelque peu élevée et surtout la stérilisation, la concentration et la dessiccation y détruisent en grande partie les vitamines et y altèrent d'autres principes (3).

*Le lait écrémé* à l'insu de l'acheteur est un lait falsifié au sens du Code pénal ; si l'acheteur est averti de la modification, mais d'une façon différente de celle que prescrit le règlement, il y a simple contravention à celui-ci (4)

**Le beurre, les graisses, les huiles.** — *Le beurre* est plus digestible que les graisses animales et surtout que les graisses et huiles végétales.

*Des graisses végétales*, telles que la graisse de coco, sont fréquemment ajoutées au beurre destiné à la vente, en dépit de l'interdiction absolue de cette addition. Pour la recherche de cette fraude, un des moyens les plus sûrs consiste à

(1) Revue d'Hygiène, 1922, p. 613.
(2) Bull. mens. des renseign. frigorif., 1922, p. 363.
(3) Bull. Off. intern. d'Hyg. publ., 1922, p. 1129.
(4) Pasicrisie belge, 1922, I, pp. 90 et 381.

séparer du beurre les stéarines, par saponification et par précipitation en milieu alcoolique à l'aide de digitonine, et à les transformer en acétates ; tandis que les acétates de cholestérines, lipoïdes accompagnant les graisses animales et le beurre, ont leurs points de fusion voisins de 114° C, les acétates de phytostéarines, caractéristiques des graisses végétales, fondent à partir de 124°—125° seulement (1).

**Les farines, le pain, etc.** — La plupart des hygiénistes et des économistes répètent que l'on doit de préférence employer en panification des farines au taux d'extraction de 80-82 p. c. au moins, c'est-à-dire des farines entières débarrassées du gros son (10 p. c environ) ainsi que des sons moyens et petits de bas gruaux (8 p. c. environ), mais non séparées des rebulets (fins sons) ni des remoulages (ensemble 5 p. c. environ), ni des farines noires de premier broyage (2 p. c. environ), ni surtout des farines bises de sixième broyage, de remoulages et de rebulets (5 à 10 p. c.). La farine à 80-82 p. c. ou farine bise est plus riche en matières protéiques, en sels minéraux et en vitamines, que les farines à un taux d'extraction moins élevé.

Cette manière de voir est combattue par les meuniers outillés aux fins d'obtention de farines très blanches. Ils allèguent notamment que le coefficient de digestibilité des protéines de la farine entière ou intégrale n'est que de 0,76, que celui des protéines de la farine à 85 p. c. n'est que de 0,82, tandis que celui des protéines de la farine à 70-72 p. c. est de 0,88. Ils prônent la blancheur plus vive du pain de farine à 70-65 p. c. (farine 00, farine blanche ordinaire, fleur de farine) et surtout celle du pain de farine à 60-55 p. c. (farine 000, fine fleur) (2).

Le parlement et le gouvernement français, désireux de voir le blé indigène suffire aux besoins de la nation, viennent d'adopter un moyen terme. Il sera établi, avec le concours d'une commission spéciale, un type officiel de farine dont la blancheur ne pourra être dépassée. A en juger par le rapport de la Commission, ce sera une farine entière dont auront

(1) Ann. des falsifications, 1921, p. 327.
(2) La Meunerie belge, 1922, mars et juillet.

été séparés les sons, les rebulets et les remoulages, mais non les farines bises ; cette denrée se rapprochera ainsi de la farine au taux d'extraction de 75 p. c. environ, souvent appelée farine 0 ou bise blanche. On pourra y mélanger de la farine de seigle ou de la farine de riz, dans la proportion de 10 p. c. au maximum.

Le système du maximum de blancheur a été préféré à celui du minimum d'extraction, en raison de la difficulté de vérifier le taux de celle-ci : la proportion de son (refus des tamis) et celles de cellulose, de corps gras et de matières minérales, restant dans une farine à un taux d'extraction déterminé, varient en effet d'après les variétés de froment et d'après les conditions de culture.

L'addition de farine de seigle ou de riz à la farine de froment jusqu'à concurrence de 10 p. c., ne nuit pas notablement à la qualité du pain. Toutefois elle réduit légèrement les proportions et la dilatabilité du gluten, et partant le pouvoir nutritif, la porosité et la digestibilité du pain (1).

Il importe, au point de vue de la qualité du pain, d'éviter l'emploi de farines gâtées par échauffement (fermentation) ou par germination. Ces farines se reconnaissent à la faible proportion de gluten : moins de 8-9 p. c. ; à la réduction de son élasticité et de sa dilatabilité : degré aleurométrique inférieur à 25 ; à sa faible capacité d'hydratation : moins de 3 parties d'eau pour 1 de gluten sec ; à la teneur élevée en matières azotées solubles : proportion de celles-ci par rapport aux matières azotées totales, supérieure à 16 p. c. ; et particulièrement à l'acidité excessive : l'acidité normale est de 2-3 à 6-8 (10) centimètres cubes de solution décinormale pour 100 gr. de farine ; les farines dont l'acidité excède 16 à 20-25 centimètres cubes ne sont généralement plus panifiables (2).

Le pain, pour être facile à digérer, doit non seulement être bien levé, poreux, mais encore bien cuit et rassis, c'est-à-dire sorti du four depuis 12 ou 15 heures au moins ; dans ces conditions il contient des proportions relativement fortes d'amidon transformé en amylo-dextrine, plus soluble dans l'eau et plus perméable aux sucs digestifs (3).

(1) Journ. off. de la Rép. franç., 1922, 12 août, 3 et 20 décembre ; Ann. des falsifications, 1922, pp. 362 et 485.

(2) Ann. des falsifications, 1922, pp. 135 et 283.

(3) La Meunerie belge, 1922, janvier.

Le Conseil supérieur d'hygiène de France est d'avis qu'on ne doit pas considérer comme une falsification du pain l'opération qui consiste à saupoudrer les pelles, pour empêcher leur adhérence aux pâtons lors de la mise au four, au moyen d'un *fleurage* constitué par des farines de maïs ou de riz, ou par d'autres substances inoffensives, telles que la poudre de pelure de pomme de terre, la sciure de bois de peuplier et la poudre de corozo ou ivoire végétal. Il ne reste en fin de compte dans le pain qu'une quantité insignifiante, soit moins de 1 gr. par kilogr., de cette matière étrangère à la farine de froment ; et, d'ailleurs, cette addition extérieure de fleurage doit plutôt être regardée comme une opération normale en boulangerie. Il y a lieu évidemment d'exclure du fleurage les sciures de bois peint, et d'appeler l'attention sur les conditions de propreté que doivent remplir les usines fabriquant les sciures destinées aux usages dont il s'agit (1).

**Les légumes et les fruits**. — Ces denrées sont parfois infectées de spores du bacille des saucissons (*B. botulinus*), provenant le plus souvent d'engrais animaux, soit par le contact direct, soit par le becquetage des oiseaux, ou de quelque autre façon. On a constaté le fait notamment en Californie, où il a occasionné de nombreuses épidémies avec beaucoup de cas mortels. Les denrées contaminées étaient des haricots, des tomates, des asperges, des radis, des carottes, des navets, des cerises, des olives, des abricots, des poires, etc. Il est donc prudent de ne pas consommer ces produits, surtout quand ils viennent de pays où pareils accidents sont fréquemment notés, sans qu'ils aient été au préalable cuits avec soin ou stérilisés à haute température ; et il faut rejeter toute conserve qui montre des signes d'altération (2).

Des *champignons vénéneux* ont été, dans ces derniers temps, vendus en Belgique sur des marchés et dans des magasins. C'étaient des amanites citrines, des amanites tue-mouches (fausses oronges), des russules, etc. Une surveillance assidue devrait être exercée par des experts sur la vente de ces denrées. En France, on propose de rendre

(1) REVUE D'HYGIÈNE, 1922, p. 499.
(2) IBID., 1922, p. 870.

obligatoire la vérification des champignons avant la mise en vente (1).

On utilise aujourd'hui, pour la préparation et particulièrement pour la falsification de certaines denrées alimentaires, des substances gélifiantes extraites par décoction de quelques variétés d'algues. Leur pouvoir gélatinisant est plus de dix fois supérieur à celui de la gélatine animale ; mais cette propriété se perd par le chauffage à très haute température ou en présence d'acides. Parmi ces substances, les principales sont le carragheen et l'agar-agar. Ce dernier contient (2) :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Eau . . . . . | 15 | à | 18 | % |
| Matières minérales (cendres) . . . | 3 | à | 6 | % |
| Matières azotées (Az × 6,25) . . . | 1,6 | à | 3,0 | % |
| Mat. solubles dans l'éther (lipoïdes) | 0,2 | à | 0,5 | % |
| Géloses et dérivés (mat. extr. non az.) | 72 | à | 78 | % |
| Cellulose brute . . . . . | 0,4 | à | 1,6 | % |

**Les sucres, les confitures, etc.** — La préparation des jus de fruits constitue dans certains pays une industrie importante. Les *moûts* obtenus par pressurage ou par défécation des fruits sont traités dans des appareils centrifuges, à la vitesse de 3.000 à 4.000 tours par minute, pour en séparer les parties solides en suspension, ainsi que tous ferments naturels ou apportés. On les conserve ensuite dans des citernes réfrigérées, jusqu'au moment de leur emploi comme boisson sans alcool ou comme matière première pour la préparation de gelées, de sirops, de limonades ou de vins (3).

Dans les *confitures* et les *gelées*, on peut souvent reconnaître la présence de fruits ou de jus de fruits étrangers à la dénomination de la denrée, même en l'absence d'éléments figurés de ces fruits, si l'on se rappelle la nature des acides qui se rencontrent dans les divers genres de fruits, à savoir : l'acide citrique dans les groseilles, les cassis, les framboises, les fraises ; l'acide malique dans les pommes, les poires, les

(1) Ann. et Bull. de la Soc. royale des Sc. méd. et nat., 1922 ; Revue d'Hygiène, 1921, pp. 863 et 927 ; 1922, pp. 19, 217, 534 et 1175.

(2) Chimie et Industrie, 1922, II, p. 1101.

(3) Ibid., 1922, I, p. 771.

coings, les reines-claudes, les mirabelles, les quetsch, les cerises ; les acides citrique et malique dans les abricots et les pêches.

Le mélange frauduleux qui se présente le plus souvent est celui de jus de pomme aux gelées ou aux confitures de groseille, de cassis, de fraise ou de framboise. Pour rechercher pareille addition, on précipite ensemble les acides citrique et malique à l'aide de bromure de baryum, en milieu alcoolique neutralisé par de la potasse ; on sépare le malate de baryte du citrate en solution aqueuse par addition d'un demi-volume d'alcool à 95 p. c., lequel précipite le citrate seulement, le malate ne se précipitant que par addition de deux volumes d'alcool (1).

La fabrication industrielle de la *crème glacée* prend de plus en plus d'extension aux États-Unis. C'est de la crème de lait sucrée, légèrement aromatisée et additionnée d'une très petite quantité de gélatine, conservée par le froid. Elle contient, d'après de nouvelles analyses :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Eau . . . . . | 63 | à | 64 | % |
| Matière grasse du lait . . . | 12 | à | 12,5 | % |
| Autres matières solides du lait . | 8,5 | à | 10 | % |
| Sucres (saccharose, glucose) . . | 13,0 | à | 14,5 | % |
| Matières aromatiques . . . . | 0,4 | | | % |
| Gélatine . . . . . | 0,4 | | | % |

Le succès qu'obtient ce produit est justifié par sa grande valeur nutritive, son goût agréable, la commodité de son emploi, le caractère rationnel et économique de sa préparation (2).

**Les condiments et aromates divers.** — A côté des produits naturels de cette catégorie, viennent prendre place des principes extraits de ces produits et même des substances purement artificielles. Telles sont la vanilline et ses succédanés, diverses essences, la saccharine et les substances similaires, la saponine.

La *vanilline* existe naturellement dans la vanille, dont elle

(1) ANN. DES FALSIFICATIONS, 1922, pp. 130, 196, 387 et 453.
(2) BULL. DES RENSEIGNEMENTS FRIGORIFIQUES, 1922, p. 344.

forme le givre ; c'est l'éther métaméthylique de l'aldéhyde protocatéchique. On la fabrique industriellement en partant soit de l'eugénol (essence de girofle), soit de l'aldéhyde protocatéchique, soit du gaïacol. On la remplace parfois par de l'acide benzoïque, par de l'acétyl-isoeugénol, par de la coumarine (substance extraite de la fève de tonka et se rattachant à l'aldéhyde salicylique), etc. Mais ces succédanés et même la vanilline artificielle n'ont pas la finesse d'arome de la vanille (1).

Les *huiles essentielles* utilisées pour la préparation des aliments sont des substances retirées des végétaux par expression ou par extraction alcoolique, suivies de distillation dans la vapeur d'eau et parfois d'extraction à l'éther. Citons, parmi les principales, les essences de citron, d'orange, d'abricot, de pêche, de cassis, de groseille, de cerise, de framboise, d'amande amère et d'autres fruits, de cannelle, de girofle, de muscade, de vanille, de gingembre, de tonka, d'anis, de badiane, de menthe, de thym, etc. Elles consistent en hydrocarbures (principalement terpènes et dérivés terpéniques), en alcools et phénols (menthol, safrol, eugénol, coriandrol, anéthol, carvol, lavandol, thymol, etc.), en aldéhydes (citral, aldéhyde benzoïque, etc.), en acétones (thuyone, menthone, etc.), en éthers (formiates, acétates, butyrates, œnanthylates, benzoates, salicylates, etc., de méthyle, d'éthyle, d'amyle, etc.), en nitriles (acide cyanhydrique), etc., ou en mélanges de ces corps.

Il est à noter que bon nombre de ces principes constitutifs des essences peuvent aujourd'hui être fabriqués par des procédés chimiques et trouver emploi, notamment dans l'industrie alimentaire, pour remplacer des substances naturelles.

Outre leur valeur comme condiments ou aromates, les essences ont des propriétés antiseptiques qui contribuent à la bonne conservation des aliments, mais qui, à dose un peu forte, peuvent les rendre nuisibles à la santé (2).

La *saccharine* ou imide sulfobenzoïque, est fréquemment employée, au lieu de sucre, pour l'édulcoration de certaines

(1) CHIMIE ET INDUSTRIE, 1922, I, pp. 1043 et 1174.
(2) *Ibid.*, 1922, II, p. 628.

denrées telles que les bières et les limonades. Lorsque cette substance est neutralisée par du bicarbonate sodique, comme dans les pastilles du commerce, elle ne paraît exercer aucune action contraire aux fonctions de la vie animale chez les individus normaux, bien entendu aux doses nécessaires pour l'édulcoration. Il n'en est pas tout à fait de même de la saccharine pure, à fonction acide. Il ne saurait d'ailleurs être question de remplacer comme principe alimentaire le sucre, dont le pouvoir nutritif est très élevé, par une substance inerte telle que la saccharine (1).

L'emploi de la saccharine ou de ses similaires (glucine, dulcine, etc.) à la préparation de denrées alimentaires, est interdit d'une manière absolue en Belgique, comme dans la plupart des pays. Beaucoup de brasseurs demandent qu'on le tolère, à la condition de prévenir éventuellement l'acheteur de l'addition de ces substances à la bière (2).

La *saponine* se rattache aux condiments par sa propriété de former, à la surface des vins, bières, limonades, etc. auxquels elle est ajoutée, une mousse ou écume qui empêche la volatilisation trop rapide de l'acide carbonique jouant dans ces boissons un rôle de condiment. C'est un glucoside non azoté qui se rencontre dans l'écorce de quillaja ou de panama, dans celle de gaïac, dans les saponaires, la nielle du blé, etc Même à la dilution de 1 décigramme par litre, les solutions écument encore par agitation. La saponine est une substance toxique ; le Conseil supérieur d'Hygiène de Belgique considère comme dangereuses pour la santé les denrées qui en contiennent même en faible proportion (3).

**Les boissons.**— Il ne convient pas d'utiliser comme *boisson courante* une eau minérale, c'est-à-dire une eau qui contient des proportions relativement élevées de substances capables d'exercer une action spéciale sur l'organisme.

Les proportions de matières dissoutes admises par certains hydrologues d'un pays voisin comme étant les limites

(1) Revue d'Hygiène, 1922, p. 50.

(2) Le Petit Journal du Brasseur, 1922, *passim*.

(3) Chimie et Industrie, 1922, I, p. 1175 ; II, p. 632.; Bull. du Serv. de surv. de la Fabr. et du Comm. des denr. alim., 1894, p. 489.

au delà desquelles les eaux doivent être considérées comme minérales (1), concordent assez sensiblement avec les teneurs inférieures que nous attribuons aux eaux « faiblement minéralisées », soit, par exemple, 300 milligr. environ de chlore, d'ion sulfurique ou d'ion hydrocarbonique par litre d'eau, et les quantités correspondantes de sodium, de calcium, etc., au total 600 milligr. environ de substances dissoutes.

Sans doute il est recommandable de ne consommer habituellement que des eaux dont la minéralisation soit moindre encore, c'est-à dire des eaux « très faiblement minéralisées », comme le sont du reste la plupart des eaux se trouvant à notre portée. Mais il ne peut être question d'écarter absolument de l'usage courant les eaux faiblement minéralisées, ni même toutes les eaux « moyennement minéralisées », dont les teneurs en chlore, en ion sulfurique, en ion hydrocarbonique, etc. seraient comprises entre 750 et 3.000 milligr. et la teneur totale en matières dissoutes entre 2.000 et 6.000 milligr.

Toutefois, les eaux moyennement minéralisées devraient être toujours présentées comme eaux « de régime », peu propres à servir de boisson habituelle.

Les eaux « fortement minéralisées », dont les teneurs en matières dissoutes excèdent les maxima indiqués ci-dessus pour les eaux de minéralisation moyenne, sont à réserver exclusivement pour les usages médicaux. Beaucoup de personnes l'oublient et consomment de ces eaux d'une manière abusive, particulièrement dans les hôtels et les restaurants(2).

Un décret français est récemment intervenu pour assurer la loyauté dans le commerce des eaux de boisson (3).

*Les boissons autres que l'eau naturelle* contiennent des proportions plus ou moins notables de principes organiques nutritifs, comme le rappelle le tableau ci-après (p. 518).

Une partie des matières azotées du bouillon, du chocolat, du thé et du café, consiste en principes stimulants.

*L'alcool* qui se trouve dans la bière (2,4 p. c. en poids, en

(1) Bull. Off. intern. Hyg. publ., 1922, p. 1576.

(2) Rec. des rapp. du Cons. sup. d'Hyg., 1916-1919, p. 267 et annexe ; Revue des Question scientifiques, 1920, I, p. 442.

(3) Journ. Off. de la Rép. franç., 1922, 22 janvier.

| | Teneurs moyennes % en | | |
|---|---|---|---|
| | Mat. azotées | Corps gras | Subst. sacchareuses et diverses (hormis l'alcool) |
| Bouillon | 1,5 | 0,4 | 0,6 |
| Chocolat à l'eau | 1,0 | 2,7 | 8,0 |
| Thé sucré à 6 % | 0,1 | » | 6,7 |
| Café sucré à 6 % | 0,3 | 0,3 | 7,1 |
| Limonades à 6 % de sucre | » | » | 6,9 |
| Bières | 0,4 | » | 3,9 |
| Vins | 0,1 | » | 2,6 |
| Eaux-de-vie et liqueurs | » | » | 1,9 |

moyenne), dans le vin (9 p. c. en poids, en moyenne) et dans les spiritueux (30 p. c. en moyenne et jusque 60 p c.) a sur notre organisme une action déprimante et il altère nos tissus, surtout lorsqu'il n'est pas fortement dilué et consommé à des doses très minimes (1).

Théoriquement 1 gramme d'alcool est capable de produire 7 calories environ, tandis que 1 gr. de matières protéiques ou sacchareuses n'en peut guère fournir que 4. Mais, pour développer effectivement cette énergie sans exercer en même temps une forte action toxique, narcotique et irritante, l'alcool doit être ingéré dans des conditions de dilution et de doses qui sont très rarement remplies.

De toute façon il est impropre à combattre l'inanition ou le refroidissement ; par son action stupéfiante, il amène, au contraire, de la torpeur et un abaissement de la température du corps. Il n'accroît pas les forces physiques; engourdissant le cerveau il contrarie les actes réflexes, ainsi que le fonctionnement des nerfs et des muscles. Dans l'industrie, il augmente la fréquence des accidents et les pertes de temps ; il diminue le rendement.

Chez certains individus, l'alcool semble produire une sensation momentanée de bien-être, une excitation joviale ; mais ces effets correspondent à une diminution d'activité de l'intelligence, de la mémoire, de la volonté et du sens moral, qui sont les régulateurs des émotions et des mouvements impulsifs.

L'alcoolique est sujet à l'inattention, ainsi qu'aux erreurs

(1) LE SCALPEL, 1923, p, 261.

d'aperception par la vue et par l'ouïe. Ces troubles divers ont pour conséquences, outre les accidents, les délits et les crimes. Nous ne parlerons point des nombreuses maladies engendrées par l'alcool. Cette influence de l'alcool sur la santé publique et sur la criminalité, est démontrée péremptoirement par les observations faites dans les pays où l'or a supprimé, temporairement ou définitivement, les boissons alcooliques.

La consommation de ces boissons en Belgique a varié comme suit durant ces trente dernières années :

| Années | Consommation en litres par an et par tête | | |
|---|---|---|---|
| | Bière (à 3 vol. p. c. d'alcool en moyenne) | Vin (à 10 vol. p. c. d'alcool en moyenne) | Spiritueux (ramenés à 50 vol p. c. d'alcool) |
| 1890 | 145 | 2,9 | 9,8 |
| 1895 | 175 | 3,5 | 10,6 |
| 1897 à 1902 | 200 | 3,8 | 8,9 |
| 1903 à 1912 | 220 | 4,7 | 5,7 |
| 1914 | » | » | 3,4 |
| 1920 et 1921 | 140 | 7,6 | 2 environ. |

La diminution progressive de la consommation des spiritueux à partir de 1897, s'explique ainsi :

En 1896, le taux de l'impôt sur ces boissons fut porté de 64 fr. l'hectolitre (à 50 degrés G.-L.) à 100 fr. En 1903, il fut élevé à 150 fr. ; en 1913, à 200 fr. ; en 1919, à 800 fr. ;

A partir de 1903, la propagande antialcoolique fut considérablement renforcée.

Depuis 1919 (loi du 29 août) la consommation en public et la vente en détail des spiritueux sont interdites.

*La consommation du vin* s'est constamment accrue depuis 1890 et surtout dans ces dernières années, les amateurs d'alcool se procurant plus facilement du vin que des spiritueux.

*La bière,* dont l'usage s'était développé avant la guerre, est quelque peu tombée en défaveur par suite de l'affaiblissement de sa teneur en alcool et en principes nutritifs.

Les débitants de boissons insistent pour qu'il leur soit de nouveau permis de vendre des spiritueux par petits verres. Mais, à l'initiative de la Fédération des sociétés antialcooliques, un très grand nombre de hautes personnalités parmi les

prêtres, les professeurs, les magistrats, les militaires, les industriels, les médecins, les directeurs d'asiles et de prisons, etc., ont formulé collectivement une protestation énergique contre cette requête. L'Académie de Médecine, à l'unanimité, demande le maintien de la loi actuelle ; elle a même émis un vœu tendant à la prohibition absolue de l'alcool distillé (1).

*Les boissons spiritueuses* contiennent fréquemment des substances nuisibles autres que l'alcool ordinaire. Les dispositions prises à ce sujet sont malheureusement un peu vagues ou trop larges ; le Conseil supérieur d'Hygiène a, depuis longtemps déjà, proposé de les modifier. Ainsi la prohibition des absinthes serait étendue aux produits similaires ; ces liqueurs seraient définies d'une façon claire et pratique ; on réduirait à un minimum les proportions des essences tolérées, ainsi que des alcools supérieurs et des aldéhydes, dans les eaux-de-vie et les liqueurs.

Les vues de notre Conseil supérieur d'hygiène en ce qui concerne particulièrement les absinthes, ont été adoptées dans divers pays : en Suisse, en Hollande et, tout récemment, en France. Un décret français fixe, comme suit, les caractères auxquels on reconnaîtra qu'un spiritueux doit être considéré, pour l'application de la loi, comme de l'absinthe ou une liqueur similaire : la saveur et l'odeur dominantes sont celles de l'anis et, en même temps, l'addition de 4 volumes d'eau distillée, à 15° C., produit un trouble qui ne disparaît pas complètement par une nouvelle addition de 3 volumes de la même eau ; ou bien le spiritueux anisé contient une essence cétonique, telle que celles de grande absinthe, de tanaisie, de carvi, de fenouil ou d'hysope, où prédominent la thuyone, la carvone, la fenone, etc., donnant nettement, après élimination des aldéhydes, une coloration rouge avec le nitroprussiate sodique ; ou bien encore le dit spiritueux contient plus de 40 volumes p. c. d'alcool ou moins de 150 grammes de sucre saccharose par litre (une teneur plus élevée en alcool facilitant la dissolution d'essences en proportions relative-

(1) Bull. de l'Off. intern. d'Hyg. publ., 1922, p. 1281.
Annuaire de l'Off. central d'Études contre l'Alcoolisme, 1re année, pp. 101, 135, etc.
Bull. Acad. royale de Médecine de Belgique, 1922, p. 272.

ment fortes, et une moindre proportion de sucre rendant le spiritueux susceptible d'être consommé moyennant addition d'une faible quantité d'eau) (1).

Tout en applaudissant à semblables mesures relatives aux spiritueux contenant des principes plus toxiques que l'alcool ordinaire (éthylique, vinique), on doit ne pas perdre de vue que ces boissons sont surtout nuisibles en raison des proportions de cet alcool qui s'y trouvent renfermées.

J.-B. André.

(1) Journ. Off. de la Rép. franc., 1922, 26 octobre. Ann. des falsifications, 1922, pp. 452 et 484.

# BIBLIOGRAPHIE

**I.** — A Treatise on Probability, by J. M. Keynes, Fellow of King's College, Cambridge. — Un vol. de XI-466 pages (18 × 12). — Londres, Macmillan, 1921. — 18 sh.

Chez les auteurs de langue française, un ouvrage sur les probabilités n'est généralement qu'un traité de *Calcul des Probabilités*, et celui qui ouvre pareil ouvrage sait bien que la lecture ne lui en sera possible que s'il est familiarisé avec les éléments des Mathématiques, y compris ce qu'il y a d'essentiel dans le Calcul différentiel et intégral. Au contraire, ce n'est pas un ouvrage mathématique à proprement parler qu'a écrit M. Keynes, ce qui ne veut pas du tout dire qu'il sera peu utile à ceux qui ont l'habitude de considérer les Probabilités du point de vue mathématique. C'est bien plutôt le contraire qui est vrai : à ceux-là surtout pour qui la notion de probabilité est une notion mathématique, sera utile la lecture d'un livre qui discute l'origine et les conséquences de cette notion, par delà les symboles graphiques que la facilité du calcul algébrique nous permet trop souvent de manier sans beaucoup réfléchir à leur signification.

Cet ouvrage débute par une citation de Leibniz : « J'ai dit plus d'une fois qu'il faudrait une nouvelle espèce de Logique qui traiterait des degrés de Probabilité ». C'est cette logique nouvelle que M. Keynes a voulu construire. Cet effort a donné naissance à un beau livre, plein d'idées, dont il faut faire ce grand éloge qu'il oblige à réfléchir, et dans lequel la partie mathématique n'est pas du tout négligée, mais réduite à ce qui demeurait nécessaire dans le programme de l'auteur.

Le Traité de M. Keynes est divisé en cinq parties :

I. Les idées fondamentales ; II. Les théorèmes fondamentaux ; III. L'induction et l'analogie ; IV. Quelques applications philosophiques de la probabilité; V. Les fondements de la connaissance statistique.

I. *Les idées fondamentales* (1) comportent principalement la notion de probabilité et la définition de la mesure de celle-ci. On sait quelles sont les difficultés que rencontre, pour éviter un cercle vicieux, la notion de probabilité. Cette difficulté provient peut-être de ce que la notion que l'on veut mettre sur pied constitue, dès sa définition, une notion numérique ; peut-être, en d'autres termes, a-t-on le tort de confondre la probabilité et sa mesure.

C'est cette confusion que M. Keynes a évitée en présentant la probabilité comme une notion purement logique et non mathématique : « que nos prémisses, dit-il (p. 4), consistent dans une série de propositions $h$, et notre conclusion dans une série de propositions $a$ ; alors, si une connaissance de $h$ justifie une croyance rationnelle de degré $\alpha$ en $a$, nous disons qu'il y a une relation de probabilité de degré $\alpha$ entre $a$ et $h$ ».

Ce n'est que plus tard que la mesure de la probabilité par un rapport sera introduite ; mais, dès maintenant, l'auteur va faire usage d'une notation symbolique qui soit une abréviation de sa définition. Cette notation est la suivante : $\alpha = a/h$, dans laquelle il est bien entendu que $a$ et $h$ ne sont pas des nombres, et que le trait incliné n'est pas une barre de fraction. Cependant, une deuxième lecture serait peut-être nécessaire pour écarter la crainte que l'extrême ressemblance de cette notation symbolique et de la notation arithmétique habituelle n'ait quelque peu facilité à l'auteur le passage de la notion logique de probabilité à sa mesure par un rapport de deux nombres. Je crois d'autant

(1) Part I. *The fundamental Ideas* : Ch. I. The meaning of Probability ; II. Probability in relation to the Theory of knowledge ; III. The measurement of Probabilities ; IV. The principle of indifference ; V. Other methods of determining Probabilities ; VI. The weight of arguments ; VII. Historical retrospect ; VIII. The frequency theory of Probability ; IX. The constructive theory of Part I summarised.

plus volontiers que ceci ne résulte que de l'aspect trop familier des notations, que l'auteur insiste à diverses reprises sur le fait que toutes les probabilités ne sont pas susceptibles de représentation numérique (pp. 65 et 112). C'est que la notion logique est plus riche que la notion mathématique ; dans la notion mathématique, les probabilités, traitées comme des fractions, sont égales lorsque leurs termes ne diffèrent que par un même facteur ; il n'en est pas tout à fait ainsi dans la notion logique : c'est ce qu'on verra à propos du *poids* des arguments (pp. 71-78). Poids et probabilité sont deux notions distinctes : « The weight, so to speak metaphorically, measures the *sum* of the favourable and unfavourable evidence, the probability measures the *difference* ».

On sait que la notion mathématique de la probabilité permet la démonstration du théorème de Bernoulli sur la convergence du rapport du nombre de succès au nombre d'épreuves dans les épreuves indéfiniment répétées. Inversement, la conclusion du théorème de Bernoulli peut être adoptée comme un fait d'expérience, et la grandeur ainsi définie adoptée comme définition de la probabilité d'un événement : c'est ce qu'a fait M. de Montessus avec une si grande clarté dans ses *Leçons élémentaires sur le Calcul des Probabilités* (1908). C'est, chez M. Keynes, la Théorie de la fréquence (pp. 92-105) : « Le probable, disait Aristote, est ce qui arrive fréquemment ». Dans le chapitre consacré à une esquisse historique sur la probabilité, on voit philosophes et mathématiciens osciller de l'une à l'autre théorie, des logiciens de Port-Royal à Poincaré, en passant par Locke, Hume et Bernoulli (pp. 80-91).

II. Les *Théorèmes fondamentaux* (1) concernent d'abord et essentiellement la notion logique de probabilité, ensuite

(1) Part II. *Fundamental Theorems* : Ch. X. Introductory ; XI. The theory of groups, with special reference to logical consistence, inference, and logical priority ; XII. The definitions and axioms of inference and Probability ; XIII. The fundamental theorems of necessary inference ; XIV. The fundamental theorems of probable inference ; XV. Numerical measurement and approximation of Probabilities ; XVI. Observations on the theorems of ch. XIV. and their developments, including testimony ; XVII. Some problems in inverse Probability, including averages.

sa mesure : c'est la Logique formelle de notre sujet. Il s'agit de montrer que « des définitions simples et précises de la première partie, nous pouvons, par des méthodes rigoureuses, déduire les résultats généralement reçus, comme les théorèmes de l'addition et de la multiplication des probabilités, et le théorème de la probabilité inverse » (p. 115). L'auteur ne dissimule pas le rôle important que va jouer le symbole introduit par la définition logique de la probabilité, et dont j'ai cru pouvoir, ci-dessus, encore que sous réserves, signaler un certain danger : « Notre première tâche, dit-il (p. 119), est d'établir les axiomes et définitions qui donneront une valeur efficace à nos opérations symboliques. Ces opérations sont presque entièrement un développement de cette idée de représenter la probabilité par le symbole $a/h$... La découverte d'un symbole convenable, comme celle d'un mot essentiel, s'est souvent montrée d'une importance plus grande que simplement verbale ».

Appliquées aux fractions qui mesurent les probabilités, les propositions de Logique formelle ainsi acquises font retrouver nos théorèmes accoutumés sur les probabilités totales, les probabilités composées et les probabilités à posteriori. L'auteur n'a pas beaucoup d'égards pour ces applications numériques : « Ce chapitre, dit-il lorsqu'il va aborder les principes de la Théorie des erreurs (p. 186), est sans intérêt philosophique et sera probablement passé par la plupart des lecteurs... ». J'ajoute que ces lecteurs auraient tort, car ce chapitre est fort bien fait, et fait ressortir très nettement les conditions d'applicabilité de la Théorie des erreurs. Une note historique intéressante dont j'extrais les dernières lignes (p. 120) : « La méthode des moindres carrés fut définitivement mise sur pied en 1805 par Legendre, qui la proposa comme un artifice avantageux pour rendre les observations concordantes. Bientôt parurent les « démonstrations » de Laplace et de Gauss. Mais on voit aisément que ces démonstrations supposent la loi exponentielle des erreurs, et la théorie des moindres carrés ne fait que développer les conséquences mathématiques de l'application de cette loi aux équations à plusieurs inconnues ».

III. Il est donc entendu que la Logique des probabilités est celle qui étudie les arguments rationnels mais non déci-

sifs. De pareils arguments, de loin les plus importants, — car c'est sur eux que repose toute science empirique, — sont basés sur les *méthodes d'Induction et d'Analogie* (1). Il s'agit maintenant d'analyser et de justifier ces méthodes. Quelle est d'abord, au fond, l'idée d'analogie, et sur quoi nous appuyons-nous, à tort ou à raison, pour classer les analogies de divers objets avec un même objet de comparaison ? Quelle est la valeur d'un argument tiré de la répétition des expériences ? ou quelle est la valeur de l'induction pure ?

Dans ces conclusions générales déduites de faits d'observation ou d'expérience, deux types peuvent être distingués (p. 220). Au premier peut s'appliquer le terme d'*induction universelle*. Encore que pareilles inductions soient susceptibles de divers degrés de probabilité, elles affirment des relations invariables. Les généralisations qu'elles énoncent exigent une confirmation universelle ; une seule exception suffit à les priver de toute valeur ; aussi ne les réclamons-nous que des sciences les plus exactes. C'est de ce premier type, de cette induction universelle que s'occupe la partie actuelle. Elle se termine par un chapitre historique dans lequel on s'arrête surtout aux noms de Bacon, Hume et Mill (p. 265) : « Quelle que soit aujourd'hui la tendance à négliger le premier et le dernier, ce sont les principaux, pense l'auteur, qui soient liés à l'histoire de l'induction, où, au rang suivant, se trouvent Laplace et Jevons. Chez les logiciens contemporains, il y a absence complète de théorie constructive, et ils se contentent presque exclusivement de la tâche aisée de critiquer Mill, ou de celle, bien moins facile, de le suivre... Il n'en est pas moins vrai que le progrès scientifique était, dans l'esprit de Bacon, le but principal de la Philosophie : son *Instauratio magna* n'eut d'autre objet que de faire connaître une véritable méthode de découverte toute différente de celles qui avaient été connues jusqu'alors... » (2).

(1) Part III, *Induction and Analogy* : Ch. XVIII. Introduction ; XIX. The nature of argument by Analogy ; XX. The value of multiplication of instances, of pure Induction ; XXI. The nature of inductive argument continued ; XXII. The justification of these methods ; XXIII. Some historical notes on Induction.

(2) Dans une note ajoutée à la troisième partie, *On the use of*

IV. Dès le début de l'ouvrage, l'auteur a présenté et justifié son opinion sur l'objectivité de la notion de probabilité. Il doit y revenir à l'instant d'aborder ces *quelques applications philosophiques de la probabilité* (1) : « Il y a (p. 281) une espèce de probabilité qui est liée à la connaissance et à l'ignorance [des circonstances dans lesquelles la question se pose], et qui est relative, en quelque manière, à l'esprit de la personne à qui la question est posée ; mais il faut admettre qu'il existe une probabilité plus objective qui n'en dépend pas, ou en dépend moins, encore que ne soit pas bien clair ce que ce concept représente (2). Doit être éclairée aussi la relation entre le hasard et les autres concepts ». Telles sont les premières questions traitées dans cette partie. Il y a lieu de s'arrêter aussi aux problèmes classiques dans lesquels on s'est efforcé de reconnaître une cause déterminée à certains phénomènes, astronomiques pour la plupart, comme le fait que toutes les planètes se meuvent dans des orbites dont les plans n'ont que de faibles inclinaisons mutuelles, la dépendance objective de deux étoiles dont les directions sont, pour l'observateur, extrêmement voisines, et la réalité des courants stellaires décelés par une observation nécessairement perspective (pp. 293 et suiv.).

*the term Cause*, l'auteur montre comment il est parvenu à éviter les difficultés métaphysiques inhérentes à la notion de *cause* (p. 275): il ne s'est pas privé de « parler de relations causales entre des objets qui ne se trouvent pas strictement dans la situation l'un d'une cause, l'autre d'un effet » ; dans les mêmes circonstances, il a même parlé de cause *probable*. En faisant pareil usage de ce terme, il a suivi la coutume des mathématiciens qui « emploient constamment le mot *cause*, là où le mot *hypothèse* semblerait plus approprié ».

(1) Part IV, *Some philosophical applications of Probability* : Ch. XXIV. The meaning of objective chance and of randomness ; XXV. Some problems arising out of the discussion of chance ; XXVI. The application of Probability to conduct.

(2) Le principe de cette distinction est dû à Cournot, *Exposition de la Théorie des chances et des Probabilités*, 1843 : « Les explications que j'ai données, dit-il, sur le double sens du mot de probabilité, qui tantôt se rapporte à une certaine mesure de nos connaissances, et tantôt à une mesure de la possibilité des choses, indépendamment de la connaissance que nous en avons, ces explications me semblent propres à résoudre les difficultés qui ont rendu jusqu'ici suspecte à de bons esprits toute la théorie de la probabilité mathématique ».

Une Morale qui n'envisagerait que des actes posés dans des circonstances parfaitement connues serait d'une application assez rare ; d'où l'introduction de la probabilité dans les règles de notre conduite. Cependant « *Probability begins and ends with Probability* (p. 322). Qu'une recherche scientifique poursuivie en vertu de sa probabilité doive conduire généralement à la vérité plutôt qu'à l'erreur, ce qu'on peut en dire de mieux est seulement qu'il en est probablement ainsi... Aussi la probabilité ne doit-elle son importance qu'à ce qu'il est *raisonnable* de se laisser guider par elle...».

V. Dans une discussion des *Principes de la Statistique* (1), il n'y a pas à s'arrêter à la partie purement descriptive de cette science, questionnaires, dépouillements, diagrammes, etc. Il s'agit ici de sa *fonction inductive*, passage logique de faits observés à la description ou à la prédiction de faits non observés. C'est aux méthodes de la statistique, dans sa fonction inductive, que s'applique le second type de ces généralisations dont le premier, l'induction universelle, a été étudié dans la troisième partie : ce second type porte le nom d'*Induction corrélative* : c'est celui dans lequel nous nous contentons de lois auxquelles nous pouvons généralement nous fier mais qui ne prétendent à aucune universalité et vis-à-vis desquelles les exceptions ne nous étonneront pas. Leur analyse comporte un double travail (p. 330) : la distinction des arguments dignes de confiance, et la justification de cette confiance. Quant à la forme sous laquelle les problèmes se rencontrent, elle appartient à l'une de ces trois classes principales : la probabilité de succès dans une épreuve étant connue, quelle est la probabilité de tant de succès en tant d'épreuves ? Étant donné le nombre de succès en tant

(1) Part V, *The foundations of statistical inference* : Ch. XXVII. The nature of statistical inference ; XXVIII. The law of great numbers ; XXIX. The use of *a priori* Probabilities for the prediction of statistical frequency, the theorems of Bernoulli, Poisson and Tchebycheff ; XXX. The mathematical use of statistical frequencies for the determination of Probability *a posteriori*, the methods of Laplace ; XXXI. The inversion of Bernoulli's theorem ; XXXII. The inductive use of statistical frequencies for the determination of Probability *a posteriori*, the methods of Lexis ; XXXIII. Outline of a constructive theory.

d'épreuves, quelle est la probabilité de succès dans une nouvelle épreuve ? Moyennant les mêmes données, quelle est la probabilité de tant de succès en tant de nouvelles épreuves ? On reconnaît les problèmes dont les solutions, pour des nombres d'épreuves de plus en plus grands, constituent le théorème de Bernoulli, la loi des grands nombres de Poisson et le critérium de Tchebycheff. Ces solutions classiques ne suffisent pas à l'auteur : Qui admettrait la légitimité d'une induction ne s'appuyant que sur une énumération de cas ? « Ce serait une erreur (p. 391) d'admettre que lorsque nous avons surmonté les difficultés mathématiques et autres difficultés techniques, nous avons réalisé quelque grand progrès dans l'établissement de notre conclusion ; nous avons compté des cas, mais nous n'avons pas encore analysé ou comparé les différences et ressemblances descriptives et non susceptibles d'évaluation numérique. » Cette analyse a été envisagée par Lexis, en Allemagne, et, à la même époque (1874-1878), par Dormoy en France, principalement dans sa *Théorie mathématique des assurances sur la vie*. Cette question a été abandonnée par les auteurs français, et la lecture du chapitre qu'y consacre M. Keynes sera généralement d'une grande utilité.

Le dernier chapitre de cet important ouvrage est un précieux résumé de l'ouvrage entier, et l'auteur n'a pas cru pouvoir terminer celui-ci sans dire dans quel esprit il l'a écrit ; d'abord une pointe de scepticisme : il a bien dû, parfois, paraître plus convaincu qu'il ne l'était réellement ; puis un regard sur l'ensemble (p. 427) : « En approfondissant la notion de probabilité, je me suis notablement écarté de celle qui dirigeait les esprits de Laplace et de Quetelet et qui, par l'influence de ceux-ci, a dominé la pensée du siècle dernier, — cependant je crois que Leibniz et Hume auraient lu avec sympathie ce que je viens d'écrire... ».

Le livre se termine par une Bibliographie qui n'occupe pas moins de vingt-cinq pages et en tête de laquelle l'auteur fait connaître les règles qu'il a observées dans le choix des travaux renseignés, après avoir placé en épigraphe, peut-être avec un peu d'amertume, le mot de Descartes : « Il n'y a guère d'opinion, si absurde ou incroyable soit-elle, qui n'ait été soutenue par quelqu'un de nos philosophes ».

M. Alliaume.

*Compléments à des Comptes Rendus récents.*

I. — J. Boussinesq, Cours de Physique mathématique, *Compléments au tome III*, voir cette Revue, 4me série, t. II (1922, 2), p. 529. — Le volume analysé se terminait par un *Épilogue* de quelques pages. M. Boussinesq vient de publier (1923) chez Gauthier-Villars, en une brochure, une nouvelle édition, fort augmentée, de cet *Épilogue*. Les parties ajoutées renferment de nouvelles instances en faveur de la Géométrie traditionnelle : « La croyance à la possibilité abstraite de pareilles figures [non euclidiennes] ne pouvait guère naître qu'après un affaiblissement, un *émoussement* suffisants de la vue naturelle des choses, par l'abus de cette sorte de raisonnement *verbal* et *machinal* qu'est le calcul algébrique... ». Mais leur objet principal est de « chercher à étendre le plus possible, aux choses de l'ordre moral et religieux, considérées comme faits sociaux, la supériorité de la *foi* sur l'*incroyance*, en tant que principe indispensable d'explication et d'intelligibilité ou de lumière pour l'esprit ». Ces très belles pages se terminent par un acte de confiance dans une renaissance religieuse prochaine, telle que celle que prédisait Joseph de Maistre dans la dernière de ses *Soirées de Saint-Pétersbourg*, et qui serait due à la conciliation définitive de l'idée scientifique et de l'idée religieuse.

II. — R. Soreau, Nomographie ou Traité des Abaques, voir cette Revue, 4me série, t. III (1923,1), p. 246. — Au début du Compte Rendu, je signale cet ouvrage comme paraissant quelques mois après la nouvelle édition du *Traité de Nomographie* de M. d'Ocagne. Il y a là une erreur : l'ouvrage de M. Soreau a paru quelques mois avant la nouvelle édition de celui de M. d'Ocagne. M. Alliaume.

**II.** — L'essence de la Trigonométrie, par P. Mansion, Professeur émérite de l'Université de Gand, avec le portrait de l'auteur et une notice biographique par A. Demoulin, Professeur à l'Université de Gand. — Une brochure de VI-28 pages. — Gand, A. Herckenrath, et Paris, Gauthier-Villars, 1922.

La notice placée en tête de cette brochure est celle que M. Demoulin a écrite pour le premier fascicule de la nouvelle

série de MATHESIS sur la vie et les travaux de l'éminent secrétaire général de la Société scientifique de Bruxelles.

Pour P. Mansion, il y a lieu de distinguer la Trigonométrie rectiligne, la Trigonométrie sphérique et la Trigonométrie générale ; celle-ci a pour objet l'étude des propriétés des expressions dites fonctions circulaires utilisées en Trigonométrie rectiligne et en Trigonométrie sphérique. C'est à tort, d'après lui, que dans la plupart des manuels de Trigonométrie, même les plus élémentaires, on donne d'abord la Trigonométrie générale dont on peut se passer dans les applications ; de plus, dans celles-ci, on complique tous les calculs pratiques par l'emploi des logarithmes ; en revanche, on n'expose pas avec assez de soin ce qui est l'*essence même de la Trigonométrie*, savoir le *calcul des tables trigonométriques*.

Telles sont les idées défendues par l'auteur dans cet opuscule. Cette défense est expérimentale : les principales applications de la Trigonométrie sont exposées moyennant de très rares recours à la Trigonométrie dite générale, et un Chapitre étendu est consacré à la construction d'une table de la fonction sinus .

M. ALLIAUME.

**III.** — TABLES LOGARITHMIQUES A TREIZE DÉCIMALES. par H. ANDOYER, membre de l'Académie des Sciences et du Bureau des Longitudes, professeur à la Faculté des sciences de l'Université de Paris. — Un vol. de x-28 pages (28×11). — Paris, Hermann, 1922. — 8 francs.

L'auteur avait déjà rendu un service signalé à l'Astronomie en particulier par la publication (1911) de ses *Nouvelles Tables Trigonométriques fondamentales (Logarithmes)* (1). Les Tables qu'il publie aujourd'hui, grâce, dit-il, à l'amitié dévouée de M. J. Hermann, présentent un double avantage sur les instruments de travail dont on disposait jusqu'à présent pour atteindre une exactitude supérieure à celle que peuvent donner les tables usuelles à sept ou même huit décimales. En effet, leur usage est intuitif et ne demande guère d'étude préliminaire des artifices particuliers

(1) La REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES rendit compte de cet ouvrage au fascicule de janvier 1912, t. LXXI, pp. 292-297.

de calcul ; de plus, les opérations auxiliaires, réduites au minimum, se font très facilement et sans tâtonnement.

Voici le principe simple d'où il part : Étant donné un nombre quelconque N, on peut trouver un *nombre de trois chiffres*, tel que le quotient (ou le produit) N' de N par $n$ commence par les chiffres 100 : il suffit par exemple, sans que cela soit nécessaire, de diviser N par le nombre $n$ formé par ses trois premiers chiffres. On a ainsi :

$$\log N = \log n + \log N' \text{ (ou bien : } \log N = -\log n + \log N').$$

La table I (pages 2 à 7) donne les logarithmes à treize décimales des nombres $n$ de trois chiffres, depuis 100 jusqu'à 1000. Pour trouver le logarithme du nombre N, il suffira de savoir résoudre le même problème relativement à un nombre N' dont les trois premiers chiffres soient 100.

La Table II (pages 10 à 19) contient les logarithmes à treize décimales des nombres $N'_0$ de six chiffres depuis 100000 jusqu'à 101000. L'interpolation de cette table se fera suivant la règle ordinaire ; une table II$^{bis}$ (d'une page) y est annexée pour les corrections dues aux différences secondes.

Pour résoudre le problème inverse, c'est-à-dire trouver le nombre N qui correspond à un logarithme donné L, on choisira d'abord dans la Table I un nombre $n$ de trois chiffres, tel que la différence $L - \log n$ (ou bien la somme $L + \log n$) soit le logarithme L' d'un nombre N' commençant par 100 ; ou, en d'autres termes, tel que la mantisse de L' soit inférieure à 00432137..., mantisse du log. de 101. Il suffira, par exemple, sans que cela soit nécessaire, de retrancher de L le logarithme immédiatement inférieur inscrit dans la Table I. On a ainsi :

$$N = nN' \left( \text{ou bien } N = \frac{N'}{n} \right)$$

Pour trouver N', on emploiera la Table III (pages 22 à 25) qui donne avec treize chiffres les nombres correspondant aux logarithmes $L'_0$ de cinq chiffres depuis 00000 jusqu'à 00432. A cette Table aussi est annexée une Table III$^{bis}$ (une page) pour les corrections tirées des différences secondes.

H. D.

NOTE SUR LE CALCUL TENSORIEL, par M. ASSIER DE POMPIGNAN, capitaine de frégate de réserve. — Un vol. de 32 pages (25 × 16) — Paris, Hermann, 1923. — 3 francs.

Voici condensées en quelques pages, et tout à la fois établies d'une manière rigoureuse, les notions et les règles de ce calcul nouveau, langage approprié des théories physiques relativistes. L'auteur ne veut parler ici que pure mathématique. Dès son premier alinéa il explique la suppression des signes de sommation devant tout monome à indice littéral répété, et la règle des indices muets qui en découle. Puis définitions, règles et déductions défilent d'un pas serré : substitutions contragrédientes, tenseurs, algèbre tensorielle, tenseur fondamental, symboles de Christoffel ; analyse tensorielle, dérivation covariante, divergence, rotationnel, tenseur de Riemann et Christoffel ; densités scolaires et tensorielles. Le lecteur, lui, mettra du temps à dévisager ces entités nouvelles, à les connaître et à s'y faire : si austère que soit leur abord, il saura gré à l'auteur d'en avoir donné le signalement exact.

H. D.

**IV.** — Geschichte der Elementar-Mathematik in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der Fachwörter, von Dr Johannes Tropfke. Vierter Band, *Ebene Geometrie*. Zweite, verbesserte und sehr vermehrte Aufgabe. — Un vol. in-8° de IV-238 pages. — Berlin und Leipzig, Vereinigung wissenschaftlicher Verleger, Walter de Gruyter & C°, 1923.

En présentant aux lecteurs le quatrième fascicule de la réédition de l'*Histoire des Mathématiques élémentaires* de M. Tropfke, je ne puis que répéter l'éloge que j'ai fait des trois premiers. Le plan général de cette partie de l'ouvrage est resté celui de la première édition, mais, dans les détails, il a subi des accroissements. Le nombre de pages est monté de 138 au chiffre de 238. Les notes de petit texte ont passé de 572 au chiffre de 1678. Une longue pratique de l'ouvrage de M. Tropfke m'a fait apprécier ces notes de petit texte. Non seulement elles sont d'ordinaire très exactes, mais leur choix est judicieux et leur utilité sérieuse. L'auteur ne s'y propose pas un vain étalage d'érudition ; il a en vue un but pratique : fournir des indications bibliographiques adaptées à chaque détail, et aider ainsi ceux qui, par des lectures nouvelles, voudraient vérifier ou compléter les ren-

seignements nécessairement sommaires trouvés dans le texte courant.

Voici deux observations capables, je crois, d'intéresser le lecteur belge. J'eusse, d'ailleurs, déjà pu les faire à propos de la première édition.

M. Tropfke fait plusieurs remarques neuves relatives à Simon Stevin. Il le connaît bien, l'a lu avec attention et relève chez lui plus d'une particularité curieuse.

Celle-ci, par exemple : c'est probablement Stevin qui, le premier, employa une même lettre accentuée de diverses manières, pour désigner les solutions multiples d'un problème. Ainsi, soit à construire un triangle dont on connaît l'angle A et les côtés AC et BC ; Stevin désigne les deux positions que peut occuper le sommet B sur la base AB, en surmontant B, la première fois d'un point, et la seconde d'un tréma.

Stevin est aussi le premier qui remarqua, du moins explicitement, qu'un quadrilatère n'est pas nécessairement convexe. Outre le *quadrangle ordinaire*, dit-il, cette figure peut encore affecter deux autres formes, qu'il nomme respectivement *quadrangle d'angle revers* (c'est-à-dire, supérieur à 180°) et *quadrangle croisé*. Il s'en dégagera plus tard la notion du quadrilatère complet. M. Tropfke dit que l'idée de Stevin fut émise pour la première fois, dès 1608, dans les *Hypomnemata mathematica*, mais qu'elle ne fu tpubliée en français que dans l'édition des *Œuvres mathématiques de Simon Stevin de Bruges*, par Albert Girard, qui parut chez les Elzevier de Leyde, en 1634. Il y a là une inexactitude due à la rareté des premières éditions de Stevin, presque introuvables, on le sait, hors de la Belgique et des Pays-Bas. Les trois « quadrangles » forment l'objet de la seconde définition de l'*Application des poligones plats ;* application qui est elle-même un appendice au *Traité des Triangles plats*, ou Deuxième Livre de la *Cosmographie*. Or, en 1608, Stevin donna sa *Cosmographie* simultanément en trois langues : dans les *Wisconstige Gedachtenissen ;* dans les *Hypomnemata mathematica* et dans les *Mémoires mathématiques*. Les *Hypomnemata mathematica* sont la traduction des *Wisconstige Gedachtenissen* par Willebrord Snellius, et les *Mémoires mathématiques* celle de Jean Tuning. Cette dernière

édition est rarissime, mais la Bibliothèque Royale de Belgique la possède. Les définitions des trois quadrangles s'y trouvent au tome I, p. 166. Il n'y a, bien entendu, dans mes rectifications, qu'une question de bibliographie et de date ; car dans son édition de 1634 Albert Girard n'a pas donné une nouvelle traduction de la *Cosmographie ;* suivant son habitude, il s'est contenté de rééditer la version de Tuning. Mais en histoire les dates ont leur importance.

Ma seconde observation a pour but de redresser une erreur assez répandue chez nous et dans laquelle M. Tropfke n'a garde de tomber.

Dans une histoire des mathématiques élémentaires, un chapitre est difficile à délimiter de manière à contenter tout le monde : c'est celui de la géométrie du triangle. On sait quelle extension elle a prise de nos jours. Avec raison, je crois, M. Tropfke a exclu de son programme presque toute la géométrie récente du triangle. Pour la connaître, il vaut mieux recourir à des traités spéciaux, qui d'ailleurs ne manquent pas. Un aperçu, même sommaire, du développement de la géométrie du triangle eût démesurément grossi le présent volume. Dans le peu qu'il nous en dit, et sans qu'il s'en explique formellement, M. Tropfke semble faire remonter la nouvelle géométrie du triangle au mémoire d'Euler, intitulé : *Solutio Facilis problematum quorumdam geometricorum difficillimorum*, qui parut dans les Novi Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae pro anno M DCC LXV (T. XI, pp. 103-123). Je félicite M. Tropfke de n'en pas parler sans l'avoir lu, car je crois la chose assez rare. Ce mémoire, d'ordinaire cité de seconde main, l'est trop souvent à faux.

Euler y débute par ces mots (p. 103) : « *In omni triangulo quatuor potissimum dantur puncta, quae in Geometria considerari solent.* Dans tout triangle on remarque d'ordinaire quatre points principaux ». Ces points *remarquables* sont, d'après Euler, le point de concours des hauteurs, celui des médianes, celui des médiatrices et celui des bissectrices. Le problème *très difficile* qu'Euler se pose est le suivant : Étant donnés de position trois des quatre points remarquables, construire le triangle. La solution est algébrique et d'ailleurs loin d'être simple. C'est au cours des calculs

qu'Euler remarque, en passant, que le centre du cercle circonscrit, le centre de gravité et l'orthocentre sont trois points en ligne droite et que la distance du centre du cercle circonscrit au centre de gravité est double de celle de ce dernier point à l'orthocentre. Le nom de *Droite d'Euler* est donc très bien donné à la droite qui passe par ces trois points.

Il en est tout différemment du nom de *Cercle d'Euler* appliqué au Cercle des neuf points, comme si, dans son mémoire, Euler avait trouvé les principales propriétés de ce cercle. Il ne s'en occupe pas. Mais l'erreur est si courante, en France et en Belgique, qu'il me paraît bon de la signaler. Voir, par exemple, *Exercices de Géométrie*, par F. J. Tours, Mame, 1896, p. 10 ; *Notes de Géométrie récente sur la Droite et le Cercle d'Euler*, par M. J. Gob, publiées dans les MÉMOIRES DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES DE LIÉGE (2e série, tome XVI),et donneés aussi en supplément dans le tome IX de MATHESIS. Les Anglais donnent au pseudo-cercle d'Euler le nom de Cercle des neuf points ; les Allemands, celui de Cercle de Feuerbach. Il conviendrait de s'en tenir à ces dénominations, comme le font d'ailleurs les bonnes bibliographies de la Géométrie récente du Triangle.

H. BOSMANS.

V.— LA COMPOSITION DE MATHÉMATIQUES DANS L'EXAMEN D'ADMISSION A L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE 1901 A 1921, par F. MICHEL, ancien élève de l'École Polytechnique, licencié ès sciences mathématiques, Ingénieur-chef des services électriques du chemin de fer du Nord, et M. POTRON, ancien élève de l'École Polytechnique, Docteur ès sciences mathématiques. — Un vol. grand in-8° de 452 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1922.

Il n'est pas besoin d'insister sur l'intérêt de premier ordre qu'offre pour un candidat à l'École Polytechnique un tel recueil faisant suite à celui précédemment publié par l'un des auteurs, M. Michel, qui, paru en 1900, contenait la solution de tous les problèmes donnés au concours d'admission à l'École Polytechnique de 1860 à 1900. Mais, sans nous attacher à cet objet particulier, constatons la haute utilité que présente cet ouvrage pour tout étudiant appliqué

aux matières qui figurent au programme d'admission à l'École Polytechnique et qui embrassent toutes les parties de l'algèbre, de l'analyse, de la géométrie analytique et de la mécanique entrant dans le cycle de ce qu'on désigne assez communément aujourd'hui, dans les Universités ou les cours préparatoires de diverses écoles techniques, sous le nom de mathématiques générales, intéressant non seulement ceux qui veulent pousser plus loin leurs études de mathématiques, mais encore ceux qui ont souci d'asseoir sur une base solide des études sérieuses de sciences physiques.

C'est une incontestable vérité que l'on n'arrive à se servir congrument de l'outil mathématique qu'au prix d'exercices nombreux, variés et approfondis. Une source de tels exercices est fournie par le concours de l'École Polytechnique. C'est dire le service que rendent aux étudiants en mathématiques les auteurs du présent livre, étant donné le soin minutieux avec lequel sont développées leurs solutions, ne laissant dans l'ombre aucun détail des discussions qu'elles comportent.

Ayant, dans une première partie, développé, comme il vient d'être dit, les solutions des problèmes de concours de 1901 à 1921, représentant une quarantaine de sujets de belle ampleur, se scindant chacun en plusieurs questions, les auteurs ont eu l'heureuse idée de réunir dans une deuxième partie, suivant un ordre méthodique, conforme à celui même des matières inscrites au programme, les applications immédiates du cours qui peuvent être extraites de ces problèmes. Ils offrent par là aux professeurs le moyen de se procurer à peu de frais des exemples excellents propres à illustrer de façon particulièrement utile leur exposé didactique. Aux maîtres et aux élèves des classes de mathématiques spéciales en France et des cours similaires dans les Universités françaises et étrangères, ou dans d'autres établissements d'instruction scientifique, un tel livre est appelé à rendre les plus grands services.

M. O.

Cours complet de mathématiques spéciales, par J. Haag, Professeur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand. — Tome III : *Mécanique*. — Un vol. in-8° de 188 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1922.

Aux parties du cours de M. Haag, relatives à l'algèbre, à l'analyse et à la géométrie, précédemment parues, dont il a été ici rendu compte (1), vient s'ajouter, en un mince volume, le développement du programme de mécanique de la classe de mathématiques spéciales. Ainsi que dans les précédents volumes, l'auteur fait montre à la fois d'une parfaite maîtrise du sujet et de qualités originales dans la façon de le présenter.

A très juste titre, il commence par l'exposé de la cinématique qui peut tout aussi bien se rattacher à la géométrie dont, en fait, elle constitue un prolongement naturel si, regardant les éléments d'une figure variable comme définis au moyen d'un paramètre quelconque, on fait intervenir la figuration géométrique des dérivées de ces éléments par rapport à ce paramètre. Ce paramètre étant représenté par la lettre $t$, on peut user de cette figuration géométrique des dérivées prises par rapport à $t$ sans même se soucier du sens physique qu'elles peuvent revêtir. Donnant à la variable $t$ le nom de temps, aux dérivées correspondantes les noms de vitesse, accélération,... on a, du même coup, établi toute la cinématique.

C'est avec la dynamique, où apparaît pour la première fois la notion de force, que l'on pénètre vraiment dans le domaine de la mécanique. La statique n'en est que le cas particulier obtenu, lorsque, par suite de l'équilibre des forces appliquées, le corps envisagé conserve une certaine position.

De là, l'ordre suivi par l'auteur qui, à la suite des notions générales de cinématique, étudie à part quelques mouvements ponctuels remarquables (rectiligne, vibratoire, circulaire, hélicoïdal,...) avant de passer à la cinématique du corps solide. Il établit les principes fondamentaux de la dynamique pour traiter en détail de celle du point et en faire l'application aux problèmes classiques qui s'y rattachent : mouvement d'un point pesant dans le vide ; mouvement vertical d'un point pesant dans l'air ; pendule simple ; mouvement d'un point sur un plan incliné avec frottement ; attraction proportionnelle à la distance et mouvement vibra-

(1) Livraisons de janvier 1914 (p. 267) et d'avril 1922 (p. 432).

toire ; mouvement d'une planète isolée. A la suite de notions sommaires sur la dynamique des systèmes, que l'auteur a pensé, avec juste raison, ne pas devoir complètement négliger, bien qu'elle n'appartienne pas au programme qu'il a en vue, la question capitale des unités en mécanique est traitée avec beaucoup de soin, de précision et de clarté. La statique et ses applications classiques aux machines simples terminent le volume.

L'auteur qui déclare s'être inspiré « des excellentes leçons développées par M. Painlevé à la Faculté des sciences de Paris, pendant l'année scolaire 1904-1905 », emprunte à ce savant maître les notions de *force relative* et de *force absolue*.

M. Haag insiste, dans sa préface, sur la distinction qu'il est nécessaire de faire entre cette force absolue « conséquence dynamique de toute modification physique du milieu » et « la force absolue de Galilée, que battent en brèche les théories d'Einstein et qui n'est autre que la force relative à un trièdre de référence particulier, que l'on convient de regarder comme définissant l'espace absolu ». La question de l'existence de cet espace absolu n'intervient pas dans son exposé « attendu, dit-il, que je me suis placé à un point de vue purement expérimental, je dirai même empirique, puisque je laisse aux physiciens le soin de construire expérimentalement la loi de force relative à un trièdre de référence déterminé, dans un milieu déterminé ».

C'est évidemment là le mode vraiment rationnel de présenter les principes de la mécanique sans laisser aux étudiants le souci de se demander, comme le dit l'auteur, « s'ils sont ou ne sont pas des disciples d'Einstein ».

A lire ce livre si simple et si clair de M. Haag nous avons éprouvé un réel plaisir, et nous n'avons aucune hésitation à le recommander tout particulièrement comme ouvrage d'initiation à la mécanique.

M. O.

**VI.** — STATIQUE CINÉMATIQUE (*Eléments de mécanique à l'usage des Ingénieurs*), par ROBERT D'ADHÉMAR, ingénieur des Arts et Manufactures, Docteur ès sciences. — Un vol. de XI-254 pages (25×17), avec 153 fig.—Paris, Gauthier-Villars, 1923. — 16 fr

Cet ouvrage est la reproduction du cours professé par l'auteur à l'Institut industriel du Nord de la France. Il initie aux éléments de la cinématique, de la statique et de la dynamique.

Les qualités pédagogiques y sont remarquables : ordre des questions, ampleur et profondeur progressives de l'étude, souci de la clarté dans les notions et les principes, sans perdre jamais de vue d'une part leur application vraiment pratique, d'autre part la rigueur logique. Beaucoup de points sont élucidés par une intuition sensible d'expérience simple ; mais le maître attire l'attention sur l'insuffisance théorique de ce moyen de démonstration, et il sait à l'occasion montrer le rôle et la méthode de la mécanique scientifique. En même temps la bonne humeur, cette vertu du professeur, se sent dans le style vif et facile. Les exercices sont bien choisis et gradués.

H. D.

L'ÉVIDENCE DE LA THÉORIE D'EINSTEIN, par M. PAUL DRUMAUX, professeur à l'Université de Gand. — Un vol. de 72 pages (25 × 17). — Paris, Hermann, 1923. — 6 francs.

La lecture du livre de M. Drumaux est intéressante à suivre comme le jeu d'un pari. Le titre est une gageure : l'ouvrage prétend démontrer que la théorie d'Einstein, généralement présentée comme un arcane de hautes mathématiques, est au contraire simple vérité de bon sens.

Et en effet, je ne pense pas avoir jamais rien lu sur ce sujet qui donne aussi aisément et comme naturellement le sens du « *relatif* », seul objet accessible en physique, et l'impression de ce que prétendent établir les théoriciens de la « relativité ».

Par exemple, la déduction des formules de transformation de Lorentz, qui traduisent le principe de relativité restreinte, se tire des règles élémentaires de l'addition.

Plus loin, le principe d'équivalence du champ de gravitation et d'un mouvement accéléré du système de référence est également rendu plausible.

A la fin, on trouvera bien quelques formules plus abstraites, puisque l'auteur va jusqu'à donner une idée du calcul tensoriel ; mais elles sont accompagnées de ce qu'il faut pour soutenir l'imagination : le schéma de la courbure spatiale.

L'auteur parle beaucoup à l'imagination. Plus d'un lecteur trouvera même qu'il l'exploite et en abuse dans le raisonnement. Mais ceux-là même devront reconnaître que M. Drumaux leur offre, très agréablement, ample matière à réflexion sur des sujets trop peu scrutés, parce que trop simples.

La substance physique, le mouvement, l'espace et le temps, voilà quatre notions inséparables, dit-il, puisqu'on ne peut définir l'une sans recourir aux trois autres. La physique classique eut le tort de séparer de la substance le mouvement et d'en vouloir faire une étude à part. Au contraire, l'expérimentation moderne (Michelson) suggérerait le postulat fondamental suivant : impossible de constater la substance au repos. D'où l'auteur déduit, par l'absurde, le principe de la constance de la vitesse de la lumière, dans tous les systèmes de référence, même en mouvement les uns par rapport aux autres.

Mais cette déduction vaut-elle ?

Supposons que nous nous déplacions avec la vitesse de la lumière dans le sens même d'un rayon lumineux. L'énergie lumineuse serait en repos par rapport à nous. Soit. — Mais, dit l'auteur, cela est contraire au postulat fondamental, d'après lequel on ne peut constater une substance au repos. Oui, répondrais-je, si nous prétendions pouvoir encore, malgré notre état de repos relatif, *constater* cette énergie lumineuse ; non, si nous admettons que dans ces conditions particulières d'expérience le phénomène nous échappe, sans cesser d'exister. Un voyageur emporté dans la direction du vent, à la même vitesse, ne sentirait plus le déplacement de l'air. Le vent en serait-il moins réel ?

D'ailleurs, les résultats expérimentaux modernes sont-ils bien *évidemment* inconciliables avec la physique classique ? Voilà une évidence que ne reconnaissent pas encore bon nombre d'hommes du métier, qui certes ne demandent qu'à adopter la théorie la plus logique.

H. Dopp.

Les nouvelles conceptions de la matière et de l'atome, par A. Berthoud, professeur de chimie physique à l'Université de Neuchâtel. — Un vol. de 314 pages (18 × 12) avec 21 fig. dans le texte. — Paris, Doin, 1923.

La constitution des atomes, par A. Berthoud. — Un vol. de 157 pages (16 × 11) avec 18 fig. dans le texte. Collection Payot. — Paris, Payot, 1922. — 4 fr.

Parmi les nombreuses « bibliothèques » en lesquelles se partage l'« Encyclopédie scientifique », la première s'intitule « Histoire et philosophie des sciences ». Dans l'ouvrage présent qui en fait partie, l'histoire est très contemporaine et la philosophie se réduit à de la théorie physique ; mais l'intérêt n'en est pas diminué. En effet, les conceptions de la matière et de l'atome ont bien évolué et merveilleusement progressé depuis une quinzaine d'années. Il est sans doute en l'histoire des sciences physiques peu de périodes aussi riches en idées, aussi fécondes en découvertes. M. A. Berthoud traite son sujet avec maîtrise. Il n'a pas voulu, dit-il, faire œuvre de vulgarisateur et reconnaît n'avoir pas évité de parti pris toutes les difficultés. Cette déclaration d'avant-propos ne doit pas effrayer le lecteur sérieux : on accepte volontiers de faire quelque effort quand il s'agit de saisir une synthèse de progrès scientifiques aussi considérables. La synthèse est présentée ici d'une manière détaillée, suffisamment complète, et dans un esprit judicieusement critique. Mais l'exposé se développe avec aisance, et si des formules le jalonnent parfois, c'est pour fixer sa précision, l'auteur en omet à dessein les démonstrations. L'introduction retrace les origines de l'atomisme et ses conquêtes depuis Démocrite jusqu'à W. Thomson. Deux chapitres expliquent la théorie électromagnétique et électronique, et la théorie de la relativité dans ses rapports avec la masse. (Au sujet des vérifications expérimentales de la relativité, l'auteur, contre son habitude, s'est laissé entraîner à les affirmer de manière trop catégorique.) Le lecteur est ainsi préparé à comprendre (chap. IV et V) d'abord les faits observés dans l'étude des rayons X et de la radioactivité, d'où se dégagent les notions chimiques toutes nouvelles du nombre atomique et de l'isotopie, puis (chap. VI-IX) les théories extrêmement ingénieuses des Rutherford, des Bohr, des Lewis et des Langmuir sur la constitution des atomes, la transmutation des éléments et l'affinité chimique.

Pour la seconde édition, qui ne saurait tarder, il y aurait lieu de corriger dans le texte de nombreuses coquilles.

Dans son petit volume de la collection Payot, M. A. Berthoud expose les mêmes théories atomiques récentes, de Rutherford, Bohr, et Sommerfeld surtout, plus brièvement, et cependant avec plus de détails. C'est qu'ici il suppose mieux connues les notions élémentaires de physique ; il peut donc énumérer plus de résultats expérimentaux et de formules mathématiques ; il peut même généralement en faire la déduction, sans dépasser les éléments de l'analyse infinitésimale.

H. Dopp.

La vie des atomes, par A. Boutaric, professeur à la Faculté des sciences de Dijon. — Un vol. de 248 pages (19-12) avec 40 fig. et 4 planches. — Paris, Flammarion, 1923. — 7,50 fr.

L'auteur, on le sait, est un des principaux informateurs des revues françaises de popularisation des sciences : il est excellemment au courant des progrès réalisés de jour en jour par la physique. Son livre groupe avec ordre, en chapitres bien remplis, la riche moisson de découvertes recueillies en ces quelque trente dernières années dans le monde des infiniment petits. Il expose clairement les faits observés, les méthodes de mesure (en traçant des schémas, pour montrer le principe des appareils), quelques résultats numériques fondamentaux et bon nombre d'applications scientifiques ou techniques. Les citations empruntées à des livres connus, comme ceux de Soddy, de Perrin, de Borel et de Gustave Lebon, sont nombreuses, et contiennent, semble-t-il, tout ce que l'ouvrage renferme de « philosophie scientifique ».

H. Dopp.

**VII.** — Exposé concernant les résultats actuels relatifs aux éléments isotopes. Conférence faite le 19 novembre 1920 et publiée avec des compléments sur les travaux récents par Maurice de Broglie. Publications de la Société de Chimie-Physique, XI. — Une broch. de 16 pages (24 × 15). — Paris, J. Hermann, 1922.

Inutile de rappeler l'importance qu'a dans les théories modernes sur la constitution de l'atome la notion d'isotope. Ce sont les transformations des matières radioactives qui

ont donné naissance à cette notion : la chimie de ces corps nous offre en effet des exemples de substances qui sont différentes, puisque leur rayonnement et leurs constantes physiques peuvent être dissemblables, mais qui cependant ne sont pas séparables par voie chimique ordinaire. Comme Soddy l'a remarqué, chaque fois qu'un corps actif émet une particule α, sa masse diminue de 4 et il recule de deux colonnes dans la table périodique de Méndeléeff ; l'émission d'une particule β au contraire laisse sa masse intacte, mais fait avancer le corps d'une colonne dans la table. Or, il se fait qu'ainsi plusieurs corps viennent se placer dans des cases déjà occupées par d'autres substances ; ce sont ces corps qui ont reçu le nom d'isotopes. Parfois les isotopes ont même masse, le plus souvent ils auront des masses différentes. Dans la théorie de Van den Broeck, ces corps ont même *nombre atomique*, c'est-à-dire même charge positive totale pour le noyau de leur atome ; c'est ce qui fait que leurs propriétés physiques, chimiques, optiques, etc., seront, sinon identiques, du moins tellement voisines que l'établissement expérimental d'une différence à ce point de vue est pratiquement impossible au moins par les méthodes habituelles.

Cependant, ce n'est pas en radiographie seule que la notion d'isotopie a quelque importance ; de plus en plus on en revient à l'ancienne hypothèse de Prout et on s'est demandé si les valeurs fractionnaires de certains poids atomiques ne devaient pas s'expliquer par l'existence d'isotopes. Sr. J. J. Thomson a trouvé une méthode quelque peu perfectionnée par M. Aston, permettant de mesurer à l'aide des rayons positifs la masse des atomes chargés en mouvement, et les mesures ainsi faites ont absolument confirmé cette manière de voir. La méthode, de Thomson ne donne pas tous les isotopes possibles, mais seulement ceux qui ont des masses différentes ; il pourrait donc y avoir en réalité un nombre d'isotopes plus grand que cette méthode n'en révèle.

C'est l'ensemble des résultats obtenus jusqu'ici en cette matière que M. Maurice de Broglie expose dans cette conférence. La grande autorité que l'auteur s'est acquise, la clarté et la méthode avec lesquelles il développe son sujet font de ces quelques pages le guide le plus sûr pour ceux qui veulent s'initier à la connaissance des isotopes. F. S

**VIII.** — Les édifices physico-chimiques. Tome II. *La molécules, équilibres et réactions chimiques*, par le Dr Achalme, Directeur de laboratoire à l'École des Hautes Études. Avec des dessins à la plume de M. Raoul Leclercq, architecte diplômé du gouvernement. Un vol. de 232 pages (23 × 14). — Paris, Payot, 1922.

Nous avons rendu compte ici même du tome I de cet ouvrage, consacré à l'étude de l'atome chimique (1). Dans ce deuxième tome l'auteur étudie suivant la même méthode la molécule chimique ainsi que les réactions qui en modifient la composition. Ce qui caractérise la molécule, d'après le Dr Achalme, c'est sa neutralité électrique. Pour lui un atome a toujours par lui-même une charge positive. En vertu de leurs propriétés électrostatiques, ces atomes, ayant déjà une composition complexe, forment des agrégats de second ordre électriquement neutres, qui ne sont autres que les molécules.

Cette neutralité de la molécule ne peut être obtenue que par l'adjonction aux atomes qui la composent d'une certaine quantité d'électricité négative, c'est-à-dire d'un certain nombre d'électrons. Dans le tome I, l'auteur avait émis l'hypothèse que l'électron doit posséder une charge négative sensiblement égale en valeur absolue au double de la charge positive de l'atome d'hydrogène. L'électron doit donc être considéré comme possédant deux pôles ; dans certains cas l'électron est adhérent par ses deux pôles au même atome, et c'est ainsi que sont constituées les molécules des gaz rares, et en général des éléments monoatomiques ; par exemple, la molécule d'hélium est constituée par un atome d'hélium bivalent combiné avec un électron ; de la même façon, l'auteur explique la formation de composés non saturés, tels que l'oxyde de carbone : les deux valences restées libres de l'atome de carbone sont saturées par les deux pôles d'un même électron. Le plus souvent cependant l'électron est fixé par un de ses pôles à un atome et par l'autre à un second atome, établissant ainsi entre les deux une sorte de liaison élastique de nature électrostatique. Partant de ces principes, l'auteur examine et explique les différentes lois des réactions

(1) Revue des Quest. scient., janv. 1922, p. 226.

chimiques : la loi de Lavoisier, la loi de Proust et celle de Dalton, le fait de l'isomérie et de la polymérie, minérale et organique. D'après l'ensemble de leurs caractères concrets, le Dr Achalme pense qu'on peut ranger les molécules en trois catégories : les molécules *fermées* dont tous les électrons interatomiques sont neutralisés par des atomes appartenant à la molécule, nettement limitée à un petit nombre d'éléments ; les molécules *continues* qui sont liées les unes aux autres, dans la constitution desquelles il persiste cependant une direction générale telle que la continuité ne s'établit que suivant une seule dimension ; et enfin les molécules *diffuses* qui correspondent à ce qu'on appelle l'état métallique. Entre ces diverses espèces de molécules il existe d'ailleurs des formes de transition. Avançant plus loin, l'auteur applique ses conceptions à la théorie cinétique, à la loi de Dulong et Petit, aux principes de la conservation et de la dégradation de l'énergie. Puis, il examine les lois de l'équilibre chimique : la loi des masses dont il revendique la paternité pour Berthelot, les lois du déplacement de l'équilibre et la loi des phases. Au chapitre VI, consacré à l'étude des réactions chimiques, après quelques notions sur la vitesse de réaction, se trouvent des vues non dénuées d'intérêt sur la catalyse et l'ionisation ; celle-ci en particulier serait due à la rupture de la molécule : une partie, entraînant avec elle l'électron de soudure, reste chargée d'électricité négative, c'est l'anion ; l'autre, constituée ordinairement par un atome isolé, aura par conséquent une charge positive, ce sera le cation. Au chapitre VII l'auteur étudie ex professo la molécule des corps simples et donne dans son système l'explication des méthodes de préparation de ceux-ci, ainsi que des états allotropiques. Enfin le chapitre VIII traite de l'eau et de ses ions, ce qui entraîne tout naturellement l'étude des fonctions acides et basiques, et des phénomènes d'hydrolyse.

Les vues du Dr Achalme ne sont certes pas toujours d'accord avec ce que nous pourrions appeler les théories classiques sur la constitution de l'atome, et il a cru utile d'ajouter un supplément dans lequel il fait le procès des différents modèles atomiques, et combat surtout avec quelque acrimonie la théorie du nombre atomique ; cela n'empêche pas que même ceux qui ne partageraient pas ses idées liront

avec intérêt ce livre auquel on ne peut certes pas faire le reproche de la banalité.

Jos. Pauwels, S. J.

**IX.** — Les métaux des terres rares, par James Frederick Spencer, B, Sc., D. Sc., Ph. D., F. I. C., Professeur de Physique et de Chimie inorganique à Belford College (Université de Londres), traduit, revu et augmenté par J. Daniel, Ingénieur des Arts et Manufactures, Docteur spécial de l'Université de Bruxelles, Chargé de cours honoraire à l'Université d'Amsterdam. — Un vol. de x-280 pages (25 × 17). Paris, Dunod, 1922.

Pendant de longues années les métaux des terres rares étaient peu connus ; cela provenait en partie de leur rareté, en partie aussi de la difficulté toute spéciale que présentait leur étude. Ces éléments en effet se trouvent presque toujours associés d'une façon plus ou moins complète, et leur séparation est très difficile en raison des ressemblances qui les caractérisent ; la séparation et la préparation des dérivés purs de ces éléments sont partant compliquées et délicates. Rien d'étonnant dès lors que la plupart des traités de chimie minérale soient fort sobres en détails sur les terres rares. Cependant l'industrie des manchons pour becs à incandescence, qui emploie essentiellement deux de ces métaux, le thorium et le cérium, est venue donner à ces terres une importance capitale au point de vue commercial ; en même temps la découverte de gisements considérables de monazite dans diverses contrées a beaucoup augmenté la quantité de terres rares disponibles. De sorte qu'actuellement l'étude en est devenue plus accessible. C'est ce qui a amené l'auteur à publier le présent travail. Celui-ci débute par l'historique de la découverte des terres rares ; après quoi vient un chapitre consacré à leur existence dans la nature ou à leurs principaux minerais. Dans les chapitres suivants, l'auteur étudie la question difficile de la séparation de ces corps. Les chapitres V-VII sont consacrés à l'étude des composés : groupe du cérium, de l'yttrium, du thorium ; et le chapitre VIII donne les méthodes employées pour déterminer les poids atomiques des différents éléments se rencontrant dans ces terres, ainsi que les résultats obtenus. Une question fort intéressante,

examinée au chapitre IX, est celle de la classification de ces éléments et de leur introduction dans le système périodique. La chose n'est pas facile, et on ne peut encore considérer le classement comme définitivement établi. Les difficultés résultent d'abord de l'incertitude quant à l'individualité et à l'homogénéité de plusieurs de ces substances, et ensuite de ce que la plupart, tout en ayant des propriétés très semblables, ont des poids atomiques fort voisins. Lorsque Mendeléeff publia pour la première fois son tableau périodique, la grande objection qu'on lui faisait était le très grand nombre de vides qu'il était obligé d'y laisser pour obtenir une disposition qui fût en harmonie avec les faits ; depuis lors, plusieurs de ces vides ont été comblés par la découverte de nouveaux éléments, et maintenant on ferait plutôt au système de Mendeléeff le reproche de ne pas laisser assez de places ; aussi certains auteurs, comme Werner, ont-ils proposé de l'étendre et d'admettre, outre les petites familles de 8 membres, et les grandes de 18, d'autres plus grandes encore de 33, afin de pouvoir ainsi y introduire les éléments des terres rares. Le chapitre X donne quelques propositions d'applications des terres rares; mais, comme le fait remarquer l'auteur, peu d'entre elles peuvent être considérées comme pratiques. Les principaux usages sont la fabrication des manchons pour l'incandescence, ainsi que la fabrication des alliages pyrophoriques. Contentons-nous d'énumérer ensuite des applications aux industries tinctoriales, à la fabrication du verre et de la porcelaine, à la photographie, des applications médicales ; enfin les terres rares se font remarquer par leur action catalytique et leur action oxydante. Le volume se termine par une liste de 1043 références. P. J.

X. — Moderne Destillierkunst. Ein Rezeptbuch für die Destillations-Branche, par Erich Walter. — 6e édition. — Un vol. de xx-157 pages (15×22), avec 1 fig. — Leipzig, Oskar Born, 1922.

L'objet de ce petit livre, dont la première édition date de seize ans, est d'enseigner à fabriquer des spiritueux. Par ses recettes, il ressemble à un manuel d'art culinaire ; par ses formules et ses chiffres indiquant les doses des ingrédients, il a un peu l'allure d'un traité pharmaceutique.

Toutes les liqueurs imaginables, et bien d'autres encore, y sont renseignées et l'on y va du « pousse-café » au « parfait d'amour » en passant par plus de deux cents spiritueux ; citons entre autres : « Cholerabitter, eau cordiale, Bischof Sorbet, Kakaolikör, Kardinal, Zitronenlikör, Karpathenbitter, elixir ad longam vitam... » !

S'il n'a guère l'allure scientifique, il faut reconnaître que cet ouvrage intéresse, outre la distillerie, l'industrie des essences que celle-ci utilise.

L'auteur, qui ne doit pas être un *teetotaler* — ce qui lui aura permis de former son *goût* et d'acquérir une belle compétence dans son sujet ! — l'auteur, dis-je, se réjouit, dans la préface (pp. 5-6), de ce que la loi (allemande) sur le monopole de l'eau-de-vie n'ait pas eu de conséquences funestes pour l'industrie des spiritueux et que, bien plus, celle-ci ait pris, depuis la guerre, un nouvel essor. On peut le déplorer, même pour notre voisin de l'Est ! Quoi qu'il en soit, la nouvelle édition tient compte de ces récents progrès.

Les divisions de l'ouvrage ne sont pas très nettes et la table des matières (pp. 3-4) n'aide pas beaucoup à les mettre en lumière. On traite d'abord (pp. 7-19) des aromates, des matières extractives, des substances odorantes, naturelles ou artificielles ; des méthodes de fabrication (pp. 20-41), de la distillation et des appareils, des dispositions légales (pp. 42-47) relatives au commerce des spiritueux (en Allemagne) ; de l'utilisation des fruits et des succédanés chimiques (pp. 47-81) ; ensuite des boissons alcooliques chaudes, c'est-à-dire des grogs (pp. 81-85), des vins-liqueurs (pp. 86-90), des « boissons de luxe » (pp. 91-95) ; enfin du rôle et de l'utilisation des huiles éthérées (pp. 96-109), de la « distillation » des végétaux (pp. 110-124), des spiritueux d'extraction (pp. 125-134) et des amers (pp. 135-152).

Une table alphabétique (pp. 153-156) renseigne 275 objets (presque tous des liqueurs !) et l'on a soin de terminer l'ouvrage par une liste (p. 157) des 37 industriels ayant inséré des réclames, soit dans les XX dernières pages, soit ailleurs !

Composé en caractères gothiques, cet ouvrage n'aura sans doute pas grand succès en Belgique, où, heureusement, on a enfin commencé à lutter, avec quelque énergie, contre le terrible fléau de l'alcoolisme. M. LECAT.

**XI.** — ANNUAIRE POUR L'AN 1923, PUBLIÉ PAR LE BUREAU DES LONGITUDES. — Un vol. in-12 de VIII-872 pp. — Paris, Gauthier-Villars.

La répartition des matières traitées dans les Annuaires des années paires et dans ceux des années impaires, subit certaines modifications. Dorénavant, tous contiendront quatre chapitres, relatifs au Calendrier (éphémérides astronomiques, éclipses, etc.) ; à la Terre (y compris la Météorologie, la Réfraction et le Magnétisme terrestre) ; à l'Astronomie (données et constantes relatives aux Coordonnées astronomiques, au Temps, au Soleil, à la Lune, aux Planètes, aux Comètes, aux Étoiles) ; aux Poids et Mesures. Aux années paires, les Annuaires contiendront, en outre, un recueil de Données physiques et chimiques ; aux années impaires, un recueil de Données géographiques et statistiques et des Tables de survie, d'annuités et d'intérêts. Une table des matières indique les sujets traités et les données fournies dans les Annuaires des six années précédentes.

Dans cet *Annuaire pour* 1923, signalons (pp. 247-264) le Résumé de Physique solaire, complété par Deslandres, et (pp. 298-302) le Tableau des éléments des Comètes périodiques à retours observés.

La Notice I est de G. Bigourdan, *Le climat de la France : Eau atmosphérique* (118 pp.), et fait suite à des Notices analogues (*Annuaires* de 1912 et de 1916) sur les Températures moyennes en France et sur les Pressions barométriques et les Vents en France. Chaque étude du régime propre au climat français est précédée d'une étude générale sur la nature et les lois de chaque phénomène. G. Bigourdan nous donne ainsi d'excellents chapitres de Météorologie, qui seront précieux à plus d'un Professeur de Sciences.

La Notice II (12 pages) est l'éloge, par Paul Appell, de *Gabriel Lippmann* (1845-1921). C'est le tableau splendide de la vie d'un vrai savant, d'un vrai chercheur et d'un vrai penseur : Lippmann était de la race des Ampère et des Pasteur, des Hermite et des Henri Poincaré. Ses nombreuses découvertes appartiennent à tous les domaines de la Physique. La plus retentissante, la découverte de la photographie directe des couleurs, est d'autant plus belle qu'elle dériva purement de considérations théoriques, sans que le hasard

des observations y intervînt. On sait que Lippmann eut l'idée de modeler, en quelque sorte, les vibrations lumineuses à l'intérieur d'une couche sensible et de se servir ensuite de cette impression, une fois fixée, pour reproduire les mêmes couleurs que celles qui ont primitivement agi.

La Notice III (16 pages) est consacrée à *Jules Carpentier* (1851-1921), artiste titulaire du Bureau des Longitudes, par son successeur, A. Jobin. Le nom de cet éminent représentant de la Construction française des Instruments de précision, reste attaché à toutes les découvertes de notre temps dans le domaine de l'Électricité.

L.

LE BILAN GÉOGRAPHIQUE, année 1922, fondé par le FR. ALEXIS M. G. et continué par PAUL DALLE, Docteur en Sciences. — 37e année. In-8°, 80 pages. — Liége, H. Dessain, 1923.

Avec une régularité à laquelle doit porter envie plus d'un éditeur de revues et d'annuaires, la Maison Dessain, de Liége, nous donne dans le courant de janvier de chaque année le *Bilan* des événements géographiques de l'année précédente. Ce serait nous répéter que de louer la richesse et la sûreté des renseignements condensés en ces 80 pages d'un texte serré, mais très aisé à lire. Le Fr. Alexis, qui inaugura en janvier 1881 ce précieux annuaire, a trouvé un excellent continuateur en son confrère le Fr. Maubert-Justin (Paul Dalle, Docteur en Sciences). Nous souhaitons que tout professeur de Géographie et d'Histoire, dans les établissements de l'Enseignement moyen, ait sous la main dans la préparation de sa classe cet utile recueil, et le fasse connaître et rechercher par ses élèves.

Sans prétendre établir une classification des cent cinquante à deux cents articles traités en ce *Bilan*, signalons ceux-ci au courant de la plume : — touchant la Physique terrestre : les nouvelles précisions sur la structure de l'Albanie, le tremblement de terre à la côte du Chili, la chaîne calédonienne au Groenland, etc. ; — touchant le Climat et l'Hydrographie : les variations des glaciers en Suisse, l'hiver dans la Baltique, le typhon des 3 et 4 août dans la mer de Chine, l'ascension de la plus haute cime du monde (le mont Everest,

8882 m., dans l'Himalaya : les ascensionnistes anglais parvinrent en juin dernier à 520 m. de ce sommet, mais furent arrêtés par une catastrophe, qui coûta la vie à sept membres de l'équipe), la houille blanche au Canada, etc. ; — touchant la Phytogénie : le déboisement en France, etc. ; — touchant la Géographie humaine : les nationalités et les cultes en Tchéco-Slovaquie, la population italienne, etc. ; — touchant la Vie économique des peuples : les installations maritimes de Bruxelles, la puissance métallurgique de la France, les grands travaux de navigation intérieure en Allemagne, la Silésie après le partage, etc. ; — touchant la Vie politique des nations : la naissance de l'État libre d'Irlande, le relèvement de l'Autriche, la situation politique en Hongrie, en Irlande, en Pologne, etc., l'activité politique de Benoît XV, etc. (1).

L.

**XII.** — La Force motrice électrique dans l'Industrie, par Eugène Marec, ingénieur E. S. E., avec une préface de P. Janet. — Un vol. (25 × 16) de 614 pages, avec 541 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1922. — Prix : 55.00 frs.

L'ingénieur ou l'industriel qui désire se documenter sur l'Électricité théorique trouve aisément les renseignements dont il a besoin dans quelques traités remarquables, tels que les *Leçons d'Electrotechnique générale*, de Janet, par exemple.

Par contre, à notre connaissance, peu d'auteurs se sont occupés de guider leurs lecteurs dans l'installation et l'organisation rationnelles des services de force motrice électrique d'usines. L'ouvrage de M. Marec comble cette lacune.

Voici le programme qu'il a cherché à réaliser, avec succès, semble-t-il : Prendre le matériel électrique à sa sortie de l'atelier de construction ; faire ressortir les propriétés caractéristiques fondamentales de ce matériel, spécialement en vue d'en permettre un choix éventuel raisonné ; montrer comment on doit installer la machine ou l'appareillage

(1) Page 5, un accident de mise en pages a fait sauter jusqu'à la ligne 9e quelques-uns des premiers mots de la ligne 3e : . . . pour les routes communales, 1995 Km. sont remis en état de service.

électrique, l'alimenter, l'entretenir, localiser ses avaries ; étudier ensuite l'organisation générale des services électriques d'une usine ; utiliser enfin les connaissances acquises sur les moteurs électriques pour passer une revue critique de leurs principales applications industrielles.

Il serait fastidieux d'énumérer les nombreux chapitres du recueil composé par M. Marec. Disons seulement que l'ingénieur et l'étudiant trouveront dans cet ouvrage une quantité inépuisable de détails pratiques et de données numériques, qu'on pourra peut-être parfois discuter, mais qui aident à une considération vraiment moderne et technique d'un problème concret quelconque.

Ce recueil a un autre avantage très important. Abordable par l'ingénieur ou l'industriel qui ne possède que des connaissances générales en électricité, il met rapidement au courant d'une foule de questions qu'il n'est plus permis aujourd'hui d'ignorer, à quiconque devra recourir un jour à la force motrice électrique, dans quelque branche que ce soit de l'Industrie.

F. G.

**XIII.** — Production économique de la vapeur, par O. Manville, docteur ès sciences, ingénieur-conseil. — Un vol. de VII-407 pages (25 × 17), avec 258 figures. — Paris, Gaston Doin, 1922. — Prix : 25.00 francs.

Le souci d'économiser le combustible n'est pas né d'hier ; il fait depuis longtemps l'objet des préoccupations des savants et des ingénieurs ; le génie de Watt, de Carnot et de Hirn s'est appliqué à la solution du problème conjointement avec le savoir-faire des éminents praticiens qu'étaient les maîtres de l'École de Mulhouse et leurs disciples. La question a pris une acuité plus grande depuis la guerre, par suite de la pénurie du charbon et de son prix élevé. Il importe plus que jamais d'éviter tout gaspillage. C'est dans la production de la vapeur qu'il y a le plus à faire. En effet, le rendement des générateurs s'élève rarement à 65 pour cent. A en croire un ingénieur anglais, très spécialisé dans la question, M. Brownlie, l'utilisation moyenne dans les chaudières du Royaume-Uni n'atteint même pas 60 pour cent, alors qu'on pourrait arriver à 70, voire même à 75 pour cent.

M. Manville s'est proposé d'apporter sa contribution à l'emploi rationnel des combustibles dans les foyers de chaudières à vapeur, en mettant à la portée de tous les principes sur lesquels est fondée la science du chauffage qu'on a heureusement appelée la « Thermique Industrielle ». Pour faire connaître son œuvre, nous reproduirons la table des matières que composent les dix chapitres du livre :

I et II : Les conditions techniques à réaliser pour obtenir une production économique de la vapeur. — III : Les foyers industriels. — IV : La cheminée et les carneaux. — V : Le contrôle de la chauffe. — VI : Comment perfectionner les méthodes de chauffe et améliorer le rendement d'une installation. — VII : Production de la vapeur — VIII : Alimentation des chaudières. — IX : Sécheurs et surchauffeurs de la vapeur. — X : Transport de la vapeur et entretien des chaudières.

M. Manville cherche très judicieusement à convaincre ses lecteurs de l'importance des économies immédiatement réalisables par un contrôle régulier, assidu et ordonné de toutes les opérations et de tous les appareils pouvant conduire à une meilleure utilisation des charbons dont on dispose et des installations constituant une chaufferie déterminée. Il s'efforce de montrer comment il est possible, en s'aidant d'instruments de mesure et d'observation systématique, de rendre compte des pertes et de les réduire dans la mesure qu'il est permis d'espérer.

La documentation de l'auteur est abondante et sérieuse ; elle décèle un savoir étendu et de nombreuses recherches, dans les livres, d'un caractère souvent plus théorique que directement pratique. Des dessins schématiques qui rappellent des croquis faits au tableau, un peu rudimentaires, mais assez suggestifs éclairent les descriptions. Dans son ensemble, l'ouvrage constitue un compendium complet de l'art du chauffage, qui rendra surtout service aux élèves des Écoles techniques désireux de compléter leur savoir et de se préparer au rôle qu'ils auront à remplir, d'ingénieur très averti et de directeur compétent des sous-ordres, commis au service des générateurs de vapeur.

A. W.

**XIV.** — ÉTUDES ÉLÉMENTAIRES DE MÉTÉOROLOGIE PRATIQUE, par A. BALDIT.—Un vol. de XIII-428 pages (25 × 17,5). — Paris, Gauthier-Villars, 1923.

Les « Études » de M. Baldit ne sont « élémentaires » que pour gens instruits : ingénieurs, physiciens, officiers de marine ou d'artillerie. L'auteur, dans sa première partie, décrit l'organisation d'une station météorologique régionale, telle qu'elle fonctionna pendant la guerre, sous l'aiguillon de la nécessité, mère d'initiative : un poste central fixe, et des annexes mobiles formant réseau : baraques, roulottes. Il signale les améliorations apportées déjà ou souhaitables aux appareils d'observation. Il apprend à les vérifier et n'oublie pas les moyens de fortune.

La seconde partie rappelle la notion classique du « Traité de météorologie ». Cela s'intitule « Les problèmes usuels ». Ces problèmes sont : pression barométrique et vent, à toutes altitudes ; id. à faible altitude ; gradient et vent au sol, gradient et vent en altitude.

La « Prévision du temps » forme la troisième partie : *prévision immédiate* des grains, des éclaircies (idées propres à l'auteur), des orages, des minima nocturnes ; *prévision à brève échéance* basée *a)* sur la pression (translation des dépressions, isallobares, noyaux de variation, tendances) ; *b)* sur la température (règles d'Exner, de Defant, du parallélogramme) ; *c)* sur les vents de surface (règles de Guilbert) ; *d)* sur les vents d'altitude (vent constant à toutes altitudes ; rotation du vent en altitude, vents divergents dans la hauteur) ; *e)* et, enfin, sur d'autres éléments (cirrus, anticyclones, dépressions principales et secondaires, dépressions méditerranéennes).

L'auteur expose ensuite la théorie de Bjerknes et sa relation avec la prévision des temps.

Il réclame en terminant la publication dans les quotidiens de bulletins de prévisions du temps réel, *en termes simples et précis*, estimant qu'il y a là pour le savant un stimulus pour son amour-propre et un contrôle pour sa théorie.

PH. BIOURGE.

**XV.** — ŒUVRES DE PASTEUR, réunies par PASTEUR-VALLERY-RADOT, Médecin des Hôpitaux de Paris. Tome I. *La*

*Dissymétrie moléculaire.* Tome II. *Fermentations et Générations dites spontanées*, VIII-480 et VIII-664 pages (28×19). — Masson, Paris, 1922. — 50 et 65 francs.

La différence entre la célébrité passagère et la gloire vraie échappe ordinairement aux contemporains immédiats, mais le cours du temps a vite fait d'éroder dans les réputations les éléments trop friables et d'y mettre en évidence la roche résistante. Un siècle est ordinairement une mesure trop grande pour la renommée, tout comme il l'est pour la vie de ceux que nous appelons si facilement de grands hommes. Leur centenaire fournit encore peut-être occasion à quelque discours académique, à quelque article de revue qui rappelle aux hommes d'âge mûr le maître pour qui leur jeunesse s'était enthousiasmée ; mais pour la génération nouvelle ce nom n'est déjà plus qu'un article d'érudition facultative.

Le centième anniversaire de la naissance de Pasteur, qu'amenait le 27 décembre 1922, a, au contraire, manifesté au monde entier toute l'importance de l'œuvre de ce vrai savant. A Paris l'Institut, la Sorbonne, l'École normale, l'Institut Pasteur ; en province et à l'étranger, Universités, Académies, Universités, Sociétés savantes, tinrent à honneur de proclamer tout ce que la Science d'aujourd'hui doit à celui qui orienta la Biologie et la Médecine dans des voies nouvelles. Et on n'oublie pas que le nom de ce savant de laboratoire est resté cher aux profanes, aux ignorants et aux humbles qui savent au moins ceci : c'est qu'il fut un bienfaiteur de l'humanité puisque, grâce à lui, bien des maladies infectieuses ont pu être vaincues. Un petit fait suffit à montrer combien, même hors de France, le souvenir du grand savant français est resté vivant. Strasbourg organise une exposition médicale pour commémorer son centenaire ; au mois de décembre les souscriptions atteignaient déjà 400.000 francs dont 57.000 pour le Danemark seulement (1).

Mais parmi tous les hommages rendus à Pasteur il en est un dont tous ses admirateurs se réjouiront, parce qu'il permettra de comprendre mieux et de pénétrer plus à fond ce qui fait la vraie valeur du Maître : sa pensée. Cet hom-

(1) REVUE SCIENTIFIQUE, 1923, p. 23.

mage est le monument de piété filiale et d'admiration respectueuse que M. Pasteur-Vallery-Radot a voulu élever à la mémoire de son grand-père en réunissant tous ses travaux dans une édition complète. Celle-ci comprendra « sept volumes, dont les six premiers correspondront chacun à une étape de l'œuvre de Pasteur (1). La dissymétrie moléculaire constitue le tome I ; la fermentation et les générations dites spontanées le tome II ; le tome III réunira les études sur le vinaigre et le vin ; le tome IV, les études sur la maladie des vers à soie ; le tome V, les études sur la bière ; le tome VI, les maladies virulentes, les virus-vaccins et la prophylaxie de la rage ; enfin le tome VII sera consacré aux mélanges scientifiques et littéraires.

» L'ordre adopté pour chaque série de travaux a été l'ordre chronologique, afin que pût être suivie très exactement la pensée de Pasteur. »

Dans le premier volume se trouvent réunis les thèses de chimie et de physique et les travaux sur la cristallographie qui s'échelonnent pour la plupart de 1847 à 1857, et qui marquent l'entrée de Pasteur dans la carrière scientifique. Ses premiers pas furent des pas de géant et l'on compterait facilement les chimistes qui par toute une vie de travaux ont fait autant progresser leur science que le fit, en moins de dix ans, le jeune docteur qui, le 23 et le 26 août 1847, présentait ses thèses inaugurales à la Faculté des sciences de Paris. Ces thèses sont de valeur moyenne, elles n'attirent l'attention de personne, mais elles montrent Pasteur appliqué sérieusement à l'étude de deux phénomènes dont il ne voit pas encore la relation : le dimorphisme et la polarisation rotatoire.

Il n'obtint pour chacune d'elles qu'une boule blanche et deux boules rouges. Les examinateurs n'avaient jugé que les écrits, ils n'avaient pas vu l'esprit qui, dès l'année suivante, saisirait le lien unissant ces deux faits expérimentaux et résoudrait un problème qui avait arrêté le physicien Biot et le chimiste Mitscherlich. Pasteur se dit que la déviation du plan de polarisation de la lumière et la structure cristalline doivent être en rapport avec la structure intime de la molécule des substances optiquement actives. Une étude minu-

(1) Tome I, *Avant-propos*.

tieuse des tartrates lui permet de faire en quelque sorte toucher du doigt l'identité de la cause de ces deux phénomènes, et il montre d'une part que les tartrates donnent tous des cristaux hémièdres et dévient le plan de polarisation à droite ; et d'autre part, que le paratartrate double de Na et de $NH_4$, qui paraît inactif, est composé de deux variétés actives mais dont les activités égales sont de sens opposés ; or ces variétés sont reconnaissables par leurs faces hémiédriques qui en font des cristaux symétriques par rapport à un plan.

A suivre le développement des premiers travaux de Pasteur, on partage l'émotion sympathique de Biot pour son jeune émule qui de son premier coup d'aile venait de s'élever plus haut que lui.

Puis on voit Pasteur travailler avec une méthode consciencieuse et un labeur obstiné le champ si peu défriché alors de l'isomérie optique. Il faudra attendre trente ans pour que Le Bel et Van t' Hoff, munis d'armes meilleures par une science plus organisée, trouvent l'explication théorique de la dissymétrie ; mais Pasteur avait ouvert la voie. De plus, ses premières découvertes s'étaient enrichies considérablement. On lui doit notamment le moyen de former un système racémique en partant d'une variété active ; à la méthode cristallographique de dissocier un système racémique il en ajouta deux autres, d'application plus générale : une méthode chimique et une méthode biologique.

Mais ceci nous introduit dans un domaine qui constitue déjà la seconde étape de son œuvre. « Entraîné par une logique presque inflexible de mes études, écrivait-il en 1883, j'ai passé des recherches de cristallographie et de chimie moléculaire à l'étude des ferments » (1). Une vue théorique supérieure dirige ses travaux depuis 1848 : la corrélation entre la dissymétrie moléculaire et la vie. N'y aurait-il pas dans la fermentation participation de l'acte vital ? Un travail sur les alcools amyliques forme la transition qui l'amène droit dans sa voie définitive. Les notes et les mémoires sur les fermentations lactique, alcoolique, butyrique, la fermentation de l'acide tartrique, la putréfaction, la vie anaérobie, se succè-

(1) 2e vol. *Introduction.*

dent de 1857 à 1863. Ils établissent incontestablement la corrélation entre la fermentation prise comme processus global, et l'activité spécifique de microorganimes.

Ces travaux ont préparé Pasteur au grand problème des générations dites spontanées. C'est avec un véritable plaisir de l'esprit que l'on relit encore aujourd'hui cet admirable *Mémoire sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère. Examen de la génération dite spontanée,* et la discussion ardente qui s'ensuivit et mit en si belle lumière la force de dialectique, la pénétration d'esprit, l'habileté expérimentale, en même temps que la vigueur d'une conviction impétueuse quoique toujours courtoise.

Dans la troisième partie du second volume sont réunies les discussions et les recherches nouvelles sur la fermentation.

On est près de s'irriter à voir la difficulté qu'ont eue certaines vérités, considérées aujourd'hui comme évidentes, à triompher de contradicteurs obstinés qui nous semblent parfois presque de mauvaise foi. Mais il faut reconnaître aussi que certains adversaires étaient de taille à s'affronter à Pasteur et que Berthelot, Liebig, Claude Bernard avaient en partie raison contre lui.

La différence des résultats expérimentaux de Pasteur et de Liebig pour la culture de la levure s'explique aujourd'hui aisément. Pasteur par un ensemencement assez massif introduisait assez de vitamines pour permettre la vie en milieu artificiel, Liebig par une méticulosité trop parcimonieuse ne pouvait aboutir qu'à des résultats négatifs. On n'enlèvera non plus rien à la gloire de Pasteur en reconnaissant qu'il a méconnu l'importance des diastases et que sa définition de la fermentation « la vie sans air » ne peut plus être admise aujourd'hui.

Nous ne pouvons terminer ce compte rendu, sans rendre hommage à la splendeur de l'édition. La Maison Masson a tenu à la rendre digne de la mémoire du Maître dont l'œuvre constitue un des plus beaux joyaux du trésor intellectuel de la France.

R. Devisé, S. J.

Nutrition de la plante, par M. Molliard, doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. Troisième vol. *Utilisation des substances ternaires.* — Un vol. cartonné

de 306 pages (19 × 12). — Collection de l'*Encyclopédie scientifique*. — Paris, Doin, 1923. — 14 fr.

Le développement du programme que s'est tracé M. Molliard l'amène aujourd'hui à exposer les transformations que subissent les substances organiques non azotées dans le métabolisme végétal.

La première partie étudie la digestion des réserves. Le fait est d'abord mis en évidence par l'examen de quelques exemples concrets et typiques résumant parfaitement les modes principaux que revêt cette fonction dans le monde végétal : digestion des réserves des tubercules, des fruits charnus, des graines ; digestion des substances externes par les plantes hétérotrophes. Puis vient l'étude du mécanisme de la digestion, et l'auteur, en trois chapitres, donne un très clair résumé de nos connaissances sur la nature, les propriétés, le mode d'action des diastases. Simplifiés au besoin par la digestion et rendus ainsi directement utilisables, les aliments ternaires vont d'une part servir à l'édification de nouvelles cellules et d'autre part rentrer dans des réactions qui aboutissent à un dégagement d'énergie et permettent d'autres réactions qui, elles, sont endothermiques. Se réservant de traiter plus tard ces dernières, l'auteur étudie dans une deuxième partie la respiration et les fermentations par oxydation ; puis, dans la troisième, les fermentations n'impliquant pas de fixation d'oxygène.

Cet exposé constitue un ensemble de leçons que l'on sent avoir fait l'objet d'un enseignement vivant. Aussi est-on frappé par le scrupule constant du pédagogue qui ne veut aller que du connu à l'inconnu, du simple au complexe, et à qui il importe moins d'épuiser totalement une matière que de laisser dans l'esprit des élèves une doctrine clairement ordonnée et facilement utilisable.

R. Devisé, S. J.

**XVI.** — Age and Area. A study in geographical distribution and origin of species, par J. C. Willis. — Un vol. in-8° de 258 pages. — Cambridge, University Press, 1922.

Ce livre, dans lequel son auteur a consigné ses idées sur l'âge des espèces et sur leur distribution, mérite d'être

signalé même si on ne peut partager la manière de voir de son auteur, qui a cherché à faire appuyer ses hypothèses par divers biologistes : Hugo de Vries, Guppy, Mrs Reid, James Small.

En l'écrivant, M. Willis a cherché, dit-il lui-même, à faire abstraction du milieu dans lequel il vivait, il a essayé de se libérer de la théorie de la sélection naturelle et s'est supposé placé dans une autre planète, où les recherches scientifiques seraient à leur début.

Il estime que les organismes les plus répandus, à aire de dispersion la plus large, sont ceux qui doivent être les plus vieux. L'âge, dit-il, comme explication de la distribution est beaucoup plus simple que la sélection naturelle. Quand on lui a reproché que sa théorie était trop simple pour être vraie, il a répondu que justement cette simplicité est la force de sa preuve.

Il faut, à notre avis, être très prudent, dans ces questions, qui ont pour base l'espèce ; rarement les théories que nous proposons valent pour tous les cas ; par des chemins très divers on arrive au même résultat et dans la nature des convergences se remarquent souvent aux extrémités de lignes très différentes au début

Nous ne pouvons passer en revue les données des vingt-deux chapitres de ce livre, mais il pourra être utile de fixer l'attention sur quelques points. Beaucoup méritent d'être discutés, quoique dans bien des cas une discussion serrée soit impossible, les concepts de valeur des genres, des espèces, n'étant pas encore suffisamment établis.

Nous sommes tout à fait d'accord avec l'auteur pour dire qu'il paraît actuellement admis que les organismes à dispersion étendue ont commencé par se trouver sur une aire réduite, que les entraves apportées à la dispersion donnent souvent des résultats importants, que bien des plantes sont aidées dans leurs voyages par les éléments extérieurs, que la distance à laquelle un type végétal transporte ses graines par exemple, tout en étant relativement faible, cette distance peut dans la succession des temps devenir notable.

Il a également conclu de ses observations, et nous sommes ici de son avis, que les mécanismes réputés les meilleurs

au point de vue de la dispersion, sont rarement de grande valeur pour l'extension de l'aire d'un végétal. Par exemple, plus de la moitié des genres cosmopolites ne possèdent pas de mécanisme très approprié pour faciliter la dispersion.

L'auteur étudie les introductions d'espèces nouvelles et l'acclimatement, il compare l'action de l'homme, brusque et souvent suivie d'échecs, et celle de la nature agissant sur de longues périodes de temps et souvent en même temps par une modification des conditions extérieures.

Quant aux barrières naturelles s'opposant à l'extension de la distribution des plantes, elles sont variables, et les unes agissent plus fortement que les autres ; la variation se fait sentir aussi suivant la spécialisation des plantes : plus elles sont spécialisées, plus l'extension de leur aire sera limitée.

Avant que l'homme intervînt par la culture dans cette lutte contre la nature, la distribution des plantes sauvages, leur passage d'une région à une autre a dû se faire, d'après M. Willis, avec une très grande lenteur. Nous sommes ici encore d'accord avec l'auteur ; l'homme a dans une période très courte modifié très fortement le tapis végétal, et bien que l'acclimatement soit, comme il le dit, souvent difficile, il peut se faire plus facilement quand les plantes, ou les organismes, forment des associations dans lesquelles il peut y avoir entr'aide.

Malheureusement, les exposés qui suivent, basés sur les endémismes, sont plus sujets à discussion, car, à notre avis, l'endémisme est loin d'avoir pu être étudié suffisamment. Si pour certaines régions, telles que la Nouvelle-Zélande, il semble que l'on puisse admettre des endémismes relativement nets, — ils pourraient résulter aussi d'une sélection naturelle, — dans la plupart des autres régions nous ne saurions pas avec certitude définir les espèces endémiques ou cosmopolites. En effet, suivant les auteurs, les espèces sont envisagées sous des aspects très différents et des erreurs grossières sont à craindre.

La conclusion émise par M. Willis, sera peut-être très contestée, nous ne voulons point y insister, mais nous tenons à la formuler : « En général, les genres endémiques, comme les espèces endémiques, doivent être considérés

comme de jeunes commençants et probablement les descendants de genres encore existants ».

M. Willis reconnaît, il est vrai, que l'étude de l'endémisme demande de plus amples recherches. Certes des espèces à dispersion très réduite sont probablement souvent plus anciennes que des espèces, du même genre, à dispersion très étendue. Mais il manque, pensons-nous, pour apprécier tous ces faits, des données précises. Une étude morphologique, systématique et biologique des éléments des flores tropicales, relativement vierges, pourra seule nous les fournir, surtout si elle pouvait être éclairée par les résultats de recherches paléobotaniques.

Nous ne pouvons discuter ici les rapports établis entre la théorie de l'âge des espèces et celle de la mutation dont M. le Prof. H. de Vries s'est fait l'apôtre.

M. Willis admet que l'évolution des organismes végétaux ne s'est pas faite d'individu à variété, de variété à espèce, d'espèce à genre, de genre à famille, mais inversement : les grandes familles et genres ayant apparu à une époque très ancienne et s'étant subdivisés, ultérieurement, en genres nouveaux et espèces. Il n'y a dans cette manière de voir rien d'opposé, ce nous semble, à une théorie évolutive.

Le résultat final de l'étude de l'âge et de l'aire de dispersion, dit M. Willis, l'amène à accepter la manière de voir que nous venons de rappeler, et il compte développer le sujet dans un travail postérieur.

On l'a vu par cet exposé sommaire, le livre de M. Willis, et de ses collaborateurs, contient des considérations fort intéressantes ; les données statistiques sur lesquelles il se base pourront dans bien des cas être utilisées, elles serviront sûrement à faire avancer nos connaissances sur une des grosses questions de la biologie, « l'origine des espèces ».

É. De Wildeman.

**XVII.** — La tradition philosophique et la pensée française. Leçons professées à l'École des Hautes Études, par Mme Prenant, MM. Berthod, Bréhier, Brunschvicg, Gillouin, Lenoir, Lévy-Bruhl, Parodi, Pommier, Ruyssen.—Un vol. in-8° de 358 pages.—Paris, Alcan, 1922.—20 fr.

Les études groupées dans ce recueil sont d'inégale valeur, mais aucune ne manque d'intérêt. Elles reproduisent la

substance de deux séries de *Leçons*, professées à Paris, de 1919 à 1921, à l'École des Hautes Études sociales.

Le titre promet un peu plus que ne tient le volume. Telle serait notre principale critique. Nous osons à peine la formuler, désarmés que nous sommes par un franc aveu de l'*Avant-propos* : plusieurs conférenciers, nous dit-on, ne se décidèrent point à confier aux presses le texte de leurs Leçons. Et c'est dommage. Nous signalerons donc deux ou trois lacunes plus notables, sans deviner si elles sont, ou non, imputables aux abstentions que l'on confesse ingénument.

Dans la première partie d'abord. Ramener la « tradition philosophique » qui prépara et qui soutient encore la pensée française, à ces quatre chefs : « Épicurisme et stoïcisme » — « Néoplatonisme » — « Descartes » — « Spinoza », n'est-ce point simplifier arbitrairement, par soustraction plutôt que par concentration ? Pourquoi omettre précisément l'influence qui créa, pour majeure partie, le fonds notionnel et l'armature logique de la philosophie moderne occidentale, surtout en pays latin : nous entendons l'aristotélisme élaboré à nouveau par la Scolastique ? Faute d'une étude expressément consacrée à la Scolastique, on a l'impression que nous serions redevables à la philosophie médiévale *tout au plus* de nous avoir transmis un néoplatonisme assez rudimentaire, mal trié, où se trouvait enveloppé, sous le travestissement alexandrin, un peu d'aristotélisme. On a l'impression aussi, que Descartes aurait inauguré la philosophie moderne en effaçant purement et simplement le moyen âge. Nous voulons croire que ces thèses, insoutenables et légèrement surannées, ne répondent point à la pensée des philosophes et historiens distingués qui ont signé les quatre études rassemblées sous le titre : « La tradition philosophique ».

La seconde partie du volume — la plus longue — met sous nos yeux une galerie de médaillons représentant les principaux philosophes français du XIX^e siècle, jusqu'à M. Bergson inclusivement. La liste est-elle parfaitement « représentative » ? Manifestement, on s'est efforcé de faire place, équitablement, à toutes les tendances importantes ; et nous admettons parfaitement que l'on puisse différer d'avis sur l'importance relative de tendances philosophiques... Toutefois, en laissant la marge la plus grande aux préférences indivi-

duelles, il semble qu'il subsiste, ici aussi, des lacunes que tout le monde regrettera. Par exemple : si l'idée de joindre, dans un aperçu unique, Ravaisson et Boutroux, a l'avantage de marquer la filiation spirituelle du second au premier, Lachelier ne méritait-il pas, dans ce groupe, ou tout à côté, mieux qu'une mention incidente ? Ou encore : la philosophie catholique française, depuis le traditionnalisme jusqu'à la néo-scolastique, fut-elle quantité totalement négligeable ? n'eut-elle pas des répercussions, plus efficaces que bruyantes, dont on commence à s'apercevoir ? Autre exemple : nous admettons volontiers l'attribution d'une notice spéciale à Ribot, qui fut un admirable vulgarisateur en psychologie expérimentale, mais peut-être pas un philosophe de premier plan ; nous ne chicanerons pas même sur l'hommage libéral d'une conférence entière à la mémoire d'Espinas, qui a bien mérité de la sociologie positive ; disons plus : nous accueillons avec sympathie l'intéressante esquisse de Parodi sur ce penseur sincère et profond que fut Hamelin ; mais, à ce compte, comment comprendre qu'une des œuvres les plus vigoureuses et les plus hautement représentatives de la philosophie française contemporaine, *L'Action* de M. Maurice Blondel, n'occupe pas même un coin obscur dans ce tableau hospitalier ?

Au point de vue de l'orthodoxie catholique, si nous rendons hommage à la discrétion courtoise et au souci d'impartialité des auteurs, cela ne signifie pas que tous leurs jugements formulés, et moins encore tous leurs présupposés, nous paraissent acceptables. La divergence, parfois, s'accentue — sans d'ailleurs sortir du bon ton — notamment dans l'article de M. Pommier sur « Michelet, Renan et Taine », où, à notre humble avis et abstraction faite même de nos préjugés catholiques, il y a trop d'affirmations sereinement simplistes. Mais avouons que le sujet était particulièrement dangereux.

Au total, malgré ses lacunes et ses inégalités, ce recueil est instructif et figurera honorablement parmi les quelques trop rares ouvrages que nous possédions sur la philosophie française contemporaine.

J. Maréchal, S. J.

MANUEL DE PSYCHOLOGIE, par E. B. TITCHENER, professeur à l'Université Cornell (Ithaca, New-York). Traduit par H. LESAGE, agrégé de philosophie. — Un vol. in-8° de XVI-591 pages. — Paris, Alcan, 1922. — 35 fr.

Le *Text-book of Psychology* (1910) du professeur Titchener a rencontré dans M. Lesage un traducteur clair et fidèle.

Pour qui est tant soit peu familiarisé avec la littérature psychologique, le nom seul de Titchener dit à la fois les mérites et les insuffisances de son Manuel. Celui-ci, au total, compte parmi les meilleurs Traités scolaires de Psychologie expérimentale. Méthodique, sans surcharge, de lecture facile, inspiré par une pédagogie très avertie, il est digne, en tous points, des guides techniques universellement estimés, publiés précédemment par le même auteur sous le titre *Experimental Psychology. A Manual of Laboratory practice* (4 vol.). Le revers de la médaille, nous l'apercevons dans l'incurable daltonisme philosophique que Titchener, malgré les grands dons personnels, partage avec les Empiristes de toute catégorie. Ce ne serait que demi-mal s'il se retranchait, par méthode, sur le terrain purement positif de la phénoménologie. Mais Titchener transpose sa conception de l'esprit et de la conscience au terrain métaphysique, et y professe un phénoménisme vraiment bien pauvre.

Heureusement, ces passages fâcheux et simplistes appartiennent presque exclusivement à l'Introduction générale ; plus loin, l'auteur retrouve ses qualités d'analyste précis et d'expérimentateur prudent. Et pourtant, là même, en psychologie proprement positive, l'empirisme, parfois, lui met des œillères. Son exposé de la théorie du « parallélisme psycho-physique », à laquelle il se rallie, est décevant. Tels et tels arguments, prétendument expérimentaux, laissent dans l'ahurissement le lecteur qui n'a point reçu la grâce de l'optimisme scientiste. Et il va sans dire que les chapitres relatifs à la volonté et à la pensée témoignent, chez Titchener, d'une impuissance étrange à reconnaître en lui autre chose que des représentations ou des processus sensibles : cela, remarquons-le, malgré sa connaissance étendue de la littérature du sujet et son effort réellement consciencieux pour la comprendre et la contrôler. Il est probable, d'ailleurs, que certaines exagérations de la « Denkpsychologie » (école

de Külpe), auront renforcé, par réaction, le préjugé empiriste chez Titchener, ou du moins auront créé des malentendus.

Comme, à tout prendre, le Manuel de Titchener semble encore le meilleur et le plus largement conçu que nous possédions dans le genre empiriste-associationniste, on fera bon accueil à la traduction de M. Lesage, — sans oublier que, selon l'avertissement loyalement donné dans la Préface, l'ouvrage américain, tant pour la bibliographie que pour les questions traitées, date des années 1909-1910, et que, pour des raisons très compréhensibles, la version française n'a pas été mise à jour. Elle pourra néanmoins rendre longtemps de bons services à ceux qui sauront l'exploiter judicieusement.

J. Maréchal, S. J.

La psychopathologie de la vie quotidienne, par le Dr Sigm. Freud, professeur à la Faculté de Médecine de Vienne. Traduit de l'allemand par le Dr S. Jankélévitch Un vol. in-8o, de 321 pages. — Paris, Payot, 1922.

Il serait superflu d'insister longuement sur le contenu de ce livre, dont l'original allemand, publié il y a plus d'une douzaine d'années, a été au moins feuilleté par tous les psychologues et médecins qui observèrent les développements du « freudisme ». Parmi les travaux du professeur viennois, il n'en est pas qui soit plus ingénieux et plus accessible à des lecteurs peu versés en pathologie mentale : le champ d'observation demeure, ici, à portée de l'expérience de chacun. Quant à la méthode d'exploration, et surtout à l'interprétation systématique des faits, elles appellent la même considération sérieuse et les mêmes graves réserves que l'ensemble de l'œuvre « freudienne » — si originale, mais si aventureuse. (Nous avons formulé ces réserves à l'occasion d'analyses bibliographiques, dans cette Revue même, tome 81, 1922, pp. 474 à 482). Notamment, la hantise du « motif sexuel » conduit Freud à des reconstructions psychologiques bien peu vraisemblables.

Le Dr Jankélévitch aura rendu service aux spécialistes de la psychologie et de la psychopathologie en leur offrant une bonne traduction de cet ouvrage, qu'ils ne peuvent ignorer ;

encore que la lecture n'en convienne pas, selon nous, à toutes catégories de personnes, même de « grandes personnes ».

J. Maréchal, S. J.

**XVIII.**—Index generalis 1922-1923 (*Annuaire Général des Universités. The Yearbook of the Universities*) publié sous la direction de R. de Montessus de Ballore, Docteur ès sciences et Lauréat de l'Institut. Ouvrage honoré d'une souscription du Ministère de l'Instruction publique. — Un vol. de 2111 pages (18×11). — Paris, Gauthier-Villars, 1923. — 50 francs.

L'extérieur trapu et la netteté d'exécution typographique de ce recueil annuel rendent bien la profusion et le sérieux de son information. Les notices en sont datées et tenues à jour directement par les personnes spécialement compétentes, c'est-à-dire les chefs de service des institutions recensées, qui en ont eux-mêmes revu les épreuves.

Pas moins de 1007 notices renseignent sur l'organisation des Universités et des Écoles supérieures du monde entier, avec les noms des professeurs et les cours professés.

D'autres fournissent toutes indications souhaitables sur les grandes Académies, sur les Observatoires astronomiques, les Musées et les grands établissements scientifiques de recherche et les principales Sociétés savantes.

Pour les Archives et les Bibliothèques, on y trouve : adresse, jours et heures d'ouverture, vacances annuelles, caractère de la bibliothèque (savante, etc..), date de la fondation, fonds spéciaux (manuscrits, médailles, etc...), nombre de volumes, brochures, manuscrits, incunables, thèses, revues et périodiques, budget, indications sur les catalogues et le prêt en dehors, enfin les noms des Bibliothécaires.

Les Notices sont rédigées dans la langue propre à chaque pays et sous une forme qui respecte l'organisation exacte de chaque Institution. De petits lexiques donnent d'ailleurs la traduction française des termes techniques.

Une Table alphabétique de plus de 40 000 noms permet de connaître immédiatement les titres et fonctions des Universitaires ou Savants.

Une heureuse innovation introduite dans l'*Index Generalis* contribuera certes à faciliter les relations entre les hommes de science de tous les pays. C'est la *liste d'échanges*, dans laquelle peuvent se faire inscrire tous les savants, professeurs ou non, désireux d'échanger avec leurs confrères leurs mémoires originaux. Leurs noms sont groupés sous la désignation du sujet qui les intéresse.

L'*Index Generalis* est ainsi devenu en très peu de temps un instrument d'information de tout premier ordre.

H. D.

---

## OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS (1)

**Gaspard Monge**. — GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE. *Augmentée d'une théorie des ombres et de la perspective*, extraite des papiers de l'auteur par Barnabé Brisson. — Deux. vol. de 144 pages (19 × 12), avec 37 fig. et de 138 pages. — « Collection des Maîtres de la Pensée scientifique ». — Paris, Gauthier-Villars, 1922. — Ensemble 6.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait :

Le génie de Monge s'est manifesté avec un éclat tout particulier dans sa *Géométrie descriptive*, œuvre remarquable non seulement par sa portée scientifique, mais encore par le champ illimité qu'elle offre aux applications pratiques. En plus des parties achevées, *ce livre contient en germe presque tout ce qui a été ultérieurement ajouté à cette nouvelle branche des Mathématiques*. Monge en conçut les idées fondamentales vers 1775, il les élabora lentement et les exposa pour la première fois d'une façon systématique à l'École Normale, l'an III de la République, mais il ne put les publier que l'an VII, sous le Directoire, la Convention ayant interdit la publication de ses importantes découvertes, par crainte d'en voir profiter les écrivains étrangers dans leurs ouvrages de défense militaire.

**H. Andoyer.** — COURS D'ASTRONOMIE. Première partie : Astronomie théorique. — Un vol. de 455 pages (26 × 16). — Paris, Hermann, 1923. — Prix : 35.00 francs.

Extrait de l'avertissement de l'auteur :

Cette nouvelle édition de la première partie de mon *Cours d'Astronomie*, diffère notablement des précédentes, dont le plan général a été cependant conservé. J'ai apporté de nombreux perfectionnements de détail, suggérés par l'expérience de l'enseignement, et j'ai complètement modifié l'exposition de la théorie de la précession, comme aussi celle de la théorie générale des éclipses. En outre, j'ai transporté ici le chapitre complémentaire consacré précédemment dans le second volume au problème de la détermination d'une orbite képlérienne par trois observations rapprochées, et j'ai donné de ce problème une solution toute différente. Enfin, j'ai terminé le volume par une note sur le calendrier, qui m'a paru susceptible d'intéresser de nombreux lecteurs.

**H. Andoyer,** Membre de l'Institut. — COURS DE MÉCANIQUE CÉLESTE, Tome I. — Un volume in-8° raisin de 440 pages (25 × 17). Paris, Gauthier-Villars, 1923. — Prix : 50.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait :

Dans ce livre, on trouvera d'abord sous une forme très personnelle, un exposé systématique des méthodes de la mécanique céleste

(1) La REVUE mentionne dans cette liste les ouvrages envoyés à la Rédaction. Cette mention est, non une recommandation, mais un accusé de réception.

classique, avec de nombreuses additions propres à l'auteur ; mais on distinguera surtout le souci constant qu'il a pris de n'exposer aucune théorie, aucune méthode, sans l'éclairer immédiatement par une application numérique à un cas concret.

Le volume actuel contient d'abord un rappel des théories générales ; puis une étude complète du mouvement képlérien, comprenant le problème de la détermination des orbites et le calcul numérique des perturbations ; enfin, le développement analytique de la fonction perturbatrice.

**R. Bourgeois**, membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, Directeur honoraire du Service géographique de l'armée, Professeur à l'École polytechnique, et le Lieutenant-Colonel **H. Noirel**, Détaché au Service géographique de l'armée, Répétiteur à l'École polytechnique. — GÉODÉSIE ÉLÉMENTAIRE. *Deuxième édition revue, corrigée et augmentée.* — Un vol. de 460 pages (19 × 13), avec 138 figures dans le texte, de la « Bibliothèque de Mathématiques appliquées ». — Paris, Doin, 1923. — Prix : 17.00 francs.

Note de l'éditeur, Extrait :

La géodésie, dans sa partie élémentaire, comprend tout ce qui est nécessaire à la détermination de la position des points fondamentaux qui servent de base à l'établissement de la carte d'un pays, au moyen de levés topographiques précis. C'est cette partie élémentaire qui forme l'objet de ce premier volume. Elle englobe tout ce qui se rapporte à la théorie des instruments, aux méthodes d'observation, aux opérations sur le terrain, ainsi qu'au calcul des triangles des altitudes et des coordonnées par les procédés les plus simples, et aussi les éléments de la théorie des erreurs et de la compensation des figures géodésiques.

Cette deuxième édition a été tenue à jour des travaux les plus modernes. Le chapitre consacré à l'étude du nivellement géométrique et de la réfraction géodésique a été notablement développé.

**J. Reveille.** — DYNAMIQUE DES SOLIDES. — Un vol. de 506 pages (25 × 19), avec 135 fig. Encyclopédie de mécanique appliquée. — Paris, Baillière, 1923. — Prix : 40.00 francs.

Table des Matières. Extrait :

Force vive. — Travail des forces. — Théorèmes généraux. — Principe de d'Alembert. — Théorèmes généraux dans le mouvement relatif. — Percussions. — Équations de Lagrange. — Mouvement d'un solide autour d'un axe fixe. — Mouvement d'un solide parallèlement à un plan fixe. — Mouvement d'un solide autour d'un point fixe. — Théorie de Poinsot. — Mouvement d'un solide libre. — Étude du mouvement d'un projectile. — Mouvement d'un solide pesant s'appuyant sur un plan horizontal fixe. — Roulement et pivotement. — Systèmes non holonomes. — Mouvement de la bicyclette. — Application des propriétés gyroscopiques. — Monorail de Brennan. — Gyroscope collimateur de Fleuriais. — Gyroscope Obry. — Compas gyroscopiques. — *Compas monogyroscopique Anschutz.* — *Compas trigyroscopique Anschutz.*

**Max Born.** — LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ D'EINSTEIN ET SES BASES PHYSIQUES. *Exposé élémentaire.* Traduit d'après la seconde édition allemande, par F.-A. Finkelstein, Docteur en Philosophie, et J.-G. Verdier, Ingénieur des Arts et Manufactures. — Un vol. de 330 pages (25 × 17), avec 133 gravures. — Paris, Gauthier-Villars, 1923. — Prix : 25.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait :

De l'étude, surtout des phénomènes optiques et électrodynamiques, faite dans les Chapitres IV et V, il ressort avec pleine évidence non

seulement que le principe de relativité a une origine exclusivement expérimentale, mais qu'il a de plus exercé une influence des plus fécondes sur les recherches de laboratoire.

M. Born s'est, en outre, donné comme tâche de démontrer que l'évolution des théories physiques et la critique épistémologique des notions fondamentales devaient fatalement conduire à la conception nouvelle qui marque une étape décisive dans l'histoire de la Science.

**A. S. Eddington.** — THE MATHEMATICAL THEORY OF RELATIVITY. — Un vol. de IX-247 pages (28 × 20). — Cambridge, University Press, 1923. — Prix : 20.00 shillings.

Contents : Introduction. — I. Elementary principles. — II. The tensor calculus. — III. The law of gravitation. — IV. Relativity mechanics. — V. Curvature of space and time. — VI. Electricity. — VII. World geometry : 1° Weyl's theory ; 2° Generalised theory. — Bibliography. — Index.

**H. Bouasse** et **Z. Carrière.** — INTERFÉRENCES — Un vol. de XXXI-462 pages (25 × 16) de la « Bibliothèque scientifique de l'Ingénieur et du Physicien ». — Paris, Delagrave, 1923.

Extrait de la table des matières :

Discours sur le style. — I. Composition des mouvements pendulaires. — II. Matériel et Conseils pratiques. — III. Hypothèses fondamentales. — IV. Miroirs de Fresnel et dispositifs analogues. Lumière monochromatique. — V. Dispositifs analogues aux miroirs de Fresnel. — VI. Miroirs de Fresnel et dispositifs analogues. Lumière non-monochromatique. — VII. Interférométrie. — VIII. Franges des lames minces localisées à l'infini. — IX. Franges des lames minces localisées sur la lame. Anneaux de Newton. — X. Épaisseur des lames minces. — XI. Franges des lames épaisses. — XII. Interféromètre de Michelson. Applications métrologiques. XIII. — Achromatisme des franges. — XIV. Localisation des franges. — XV. Ondes stationnaires. Propriété des vecteurs de Fresnel et de Neumann. — XVI. Diffraction des rayons X.

**H. Pariselle**, Professeur à la Faculté des Sciences de Lille. — LES INSTRUMENTS D'OPTIQUE. — Un vol. de 218 pages (17 × 11), avec 82 fig., de la « Collection Armand Colin ». — Paris, Armand Colin, 1923. — Prix : 5.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait :

Ce livre a été écrit par un Maître pour réagir contre la défaveur dont l'étude de l'Optique géométrique était l'objet en France, défaveur qui nous avait rendus tributaires de l'Allemagne pour les Instruments d'Optique.

Table des Matières. Extrait :

I. Théories générales : 1° Étude des systèmes centrés ; 2° Aberration des systèmes centrés. Notions sur leurs corrections. — II. Instruments à images réelles : 1° L'œil et la vision : 2° L'objectif photographique. — III. Instruments d'observation : 1° Lunettes et télescopes ; 2° Microscopes. — Ouvrages à consulter.

**John Aitken.** — COLLECTED SCIENTIFIC PAPERS. — Edited for the Royal Society of Edinburgh, with introductory memoir, by Vargill G. Knott. — Un vol. de XXI-591 pages (27 × 18). — Cambridge, University Press, 1923.

**M. Milankovitch**, Professeur de Mathématiques appliquées à l'Université de Belgrade. — THÉORIE MATHÉMATIQUE DES PHÉNO-

MÈNES THERMIQUES PRODUITS PAR LA RADIATION SOLAIRE. — Un vol. de XVI-340 pages (24 × 16), avec 27 fig. — Paris, Gauthier-Villars, 1920. — Prix : 20,00 francs.

Notice de l'éditeur : Extrait.

L'état d'insolation des planètes est assujetti à des variations périodiques et séculaires. Les phénomènes d'insolation sont accessibles à un traitement mathématique exact. On en déduit le rapport entre l'insolation et la température de la surface planétaire et de son atmosphère, ce qui nécessite la solution préalable d'un certain nombre de problèmes du plus haut intérêt. Toutes ces déductions mathématiques constituent la première Partie de l'ouvrage.

Dans la seconde Partie, on applique tout d'abord, les théories au cas de la Terre. Les résultats obtenus, particulièrement ceux concernant la température moyenne de la surface terrestre, le phénomène de l'inversion de température au-dessus de la couche isotherme et la propagation des oscillations thermiques en hauteur prouvent la fécondité des théories développées. Il fut donc possible de traiter le problème paléoclimatique sur une base purement scientifique et de soumettre à une critique rigoureuse les diverses théories sur les époques glaciaires. De plus, il fut possible d'obtenir d'importants renseignements concernant les conditions climatériques des planètes Mercure, Vénus, Mars et de la Lune, notamment en ce qui concerne ces deux derniers corps célestes, qui réalisent d'une façon remarquable toutes les suppositions de la théorie.

**Maurice de Broglie.** — LES RAYONS X. — Un vol. de 164 pages (25 × 16), avec de nombreuses figures et 5 planches hors texte. Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique. — Paris, Blanchard, 1922. — Prix : 15.00 francs.

I. Théorie de Bohr. — II. Diffusion des rayons X par la matière. — III. Absorption des rayons X par la matière. — IV. Fond spectral continu. Spectres de lignes. Données relatives aux raies des diverses séries pour l'ensemble des éléments. — V. Spectrographes et spectromètres. Sources de rayons X. — VI. Rayons β secondaires des rayons X. Rayons γ.

**Léon Brillouin.** — LA THÉORIE DES QUANTA ET L'ATOME DE BOHR. — Un vol. de 181 pages (25 × 16), avec 44 fig. dans le texte. Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique. — Paris, Blanchard, 1922. — Prix : 15.00 francs.

Introduction. — I. Le rayonnement thermique ; définitions générales ; lois de Kirchoff et de Stephan. — II. Radiation isotherme et énergie d'un résonateur ; loi de Wien. — III. Structure des atomes et raies spectrales, d'après les idées de N. Bohr. — IV. Application de la théorie des Quanta. — V. Essais d'extension de la théorie ; principes de sélection et de correspondance. — VI. Application des calculs de probabilité à l'atome de Bohr. — VII. La formule de Boltzmann et les invariants adiabatiques. — Notes : 1. Formules relatives au milieu dispersif, 2. Dilatation adiabatique du rayonnement.

**Maurice Leblanc, fils.** — L'ARC ÉLECTRIQUE. — Un vol. de 131 pages (25 × 16), avec 70 fig. dans le texte. Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique. — Paris, Blanchard, 1922. — Prix : 10.00 francs.

I. Étude physique de l'arc. Forme de la décharge électrique dans les gaz. — II. les différents aspects de l'arc. — III. Les applications techniques de l'arc.

**C. Gutton.** — La lampe a trois électrodes. — Un vol. de 181 pages (25 × 16), avec 90 fig. dans le texte. Recueil des Conférences-rapports de documentation sur la physique. — Paris, Blanchard, 1923. — Prix : 15.00 francs.

I. Propriétés de la lampe à trois électrodes. — II. Amplificateurs. — III. Oscillateurs. — IV. Détecteur. — V. Résistances négatives. Multivibrateur. Application aux mesures électriques.

**Sir J. J. Thomson**, F. R. S., Professor of experimental physics, Cambridge. — Les rayons d'électricité positive et leur application aux analyses chimiques. Traduction d'après la seconde édition anglaise, par Fric et Corvisy. — Un vol. de 223 pages (25 × 17), avec 42 fig. dans le texte et 9 planches hors texte. — Paris, J. Hermann, 1923. — Prix : 20.00 francs.

Extrait de la préface de la seconde édition :

« Cette édition contient beaucoup de choses nouvelles... J'ai apporté une attention spéciale aux propriétés des rayons positifs qui semblent jeter une lumière sur les problèmes de la structure des molécules et des atomes et sur la question de la combinaison chimique. L'espoir, exprimé dans la première édition, que les rayons positifs rendraient de grands services pour la solution de problèmes chimiques importants, a été réalisé avec une ampleur remarquable par les recherches de M. Aston et autres sur la détermination des poids atomiques et la recherche des isotopes ».

**Abel Rey.** — La théorie de la Physique chez les Physiciens contemporains. — Un vol. de IX-246 pages (23 × 14). — Paris, Alcan, 1923. — Prix : 15.00 francs.

Extrait de la Table des Matières :

Analyse des doctrines : I. Le mécanisme traditionnel. — II. La critique du mécanisme, l'attitude hostile. — (Théories conceptuelles). — III. La critique du mécanisme (suite). L'attitude simplement critique. — IV. Les continuateurs du mécanisme, les hypothèses figuratives. — V. L'esprit général de la physique contemporaine et la valeur de la science physique. — Note sommaire sur l'objectivité des théories récentes de la physique.

**P. Eduardo Vitoria**, S. J. — Manual de Quimica moderna teorica y experimental con sus principales aplicaciones al comercio y a la industria. — Un vol. de VIII-417 pages (20 × 13). — Barcelone, Casals, 1923.

Extrait de la Table des Matières :

Nociones fundamentales en el estudio de la Quimica. — Quimica de las metaloides. — Quimica del Carbono. — Quimica de los metales. — Nociones general y de Fisico-Quimica.

**Dr Smits**, Professeur de Chimie générale à l'Université d'Amsterdam. — Théorie de l'Allotropie, traduite par J. Gillis, Docteur en Sciences chimiques. — Un vol. de 524 pages (25 × 16) et 239 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1923. — Prix : 55.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait :

Grâce à la loi des phases de Willard Gibbs, d'immenses progrès ont pu être réalisés en physico-chimie par les Van der Waals, les Van 't Hoff, les Bakhuis-Rozenboom. Depuis l'époque des pionniers, Schreinemakers et Smits ont poursuivi, chacun dans sa voie, l'étude théorique et expérimentale de la doctrine des phases ; Smits étudiait d'abord les phénomènes qui se manifestent dans les systèmes binaires

et ternaires quand se présentent des phénomènes critiques en présence des corps solides. Dans les derniers temps, il a eu pour but d'approfondir la connaissance des rapports qui existent entre les différentes phases d'un système unaire, en se basant sur les considérations théoriques acquises par l'étude des autres systèmes. Smits réussit de cette manière à découvrir des points de vue insoupçonnés qui ont révélé d'autre part l'existence d'un nouveau champ d'expérimentation.

C'est ce qui apparaîtra clairement en prenant connaissance de la *Théorie de l'Allotropie* de M. A. Smits. Les deux hypothèses qui la guident ont permis de grouper et d'expliquer un ensemble de phénomènes en apparence très disparates.

**Humphrey Gilbert Carter.** — GUIDE TO THE UNIVERSITY BOTANIC GARDEN, CAMBRIDGE. — Un vol. de 117 pages (19 × 13), avec 23 planches hors texte. — Cambridge, University Press, 1922. — Prix : 3 shillings, 6 pence.

Contents : Introduction. Historical Note. Glossary, Note on leaves. Bibliography. — Gymnospermae. — Angiospermae : Monocotyledoneae ; Dicotyledoneae : Archichlamyteae. Metachlamideae.

**J. Guibert** et **L. Chinchole**, professeur de sciences de l'École supérieure de Théologie d'Issy. — LES ORIGINES DU MONDE, DE L'ÉNERGIE, DE LA VIE, DES ESPÈCES, DE L'HOMME. Septième édition entièrement refondue, ornée de nombreuses figures. 21me mille. — Un vol. de 640 pages (21 × 14). — Paris, Letouzey, 1923.

Extrait de la Table des Matières :

Introduction. — I. Cosmogonie ou origine de l'Univers. — II. L'énergie. — III. Origine de la Vie. — IV. Origine des espèces. — V. Origine de l'homme. — VI. Unité de l'espèce humaine. — VII. Antiquité de l'espèce humaine. — VIII. État de l'homme primitif d'après les données de la préhistoire et de l'ethnologie.

**Janet Charles.** — CONSIDÉRATION SUR L'ÊTRE VIVANT. III. La Characée considérée au point de vue orthobiontique. — Une brochure de 58 pages (25 × 17), avec une planche. — Beauvais, Dumontier et Hagué, 1922.

**T. H. Morgan ; A. H. Sturtevant ; H. J. Muller ; C. B. Bridges.** — LE MÉCANISME DE L'HÉRÉDITÉ MENDÉLIENNE. — Un vol. de XVII-391 pages (23 × 15). Traduction française de Maurice Herlant. — Bruxelles, Lamertin, 1923. — Prix : 25.00 francs.

Extrait de la Table des Matières :

I. L'hérédité mendélienne et les chromosomes. — II. Les différents types d'hérédité mendélienne. — III. La liaison des facteurs (Linkage). — IV. Hérédité du sexe. — V. Les chromosomes considérés comme porteurs du matériel héréditaire. — VI. Hérédité cytoplasmique. — VII. Le parallélisme entre la distribution des chromosomes et celle des facteurs génétiques. — VIII. Allélomorphes multiples. — IX. Facteurs multiples. — X. L'hypothèse factoriale. — XI. L'hérédité chez les protistes. — XII. L'Oenothera et la théorie des mutations. Appendice. — Technique de l'élevage de Drosophila.

**G. André**, professeur à l'Institut Agronomique. — PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES SOLS EN AGRICULTURE. — Un vol. de 184 pages (17 × 12) de la « Collection Armand Colin ». — Paris, Armand Colin, 1923. — Prix : 5.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait :

Jusqu'à ce que MM. André et Berthelot nous aient initiés à la vie souterraine des infiniment petits, les pratiques agricoles, relatives au sol, étaient restées empiriques. Elles sont, grâce à ces deux savants, entrées dans une voie scientifique où la marche est plus ferme, surtout si l'on a soin de prendre un guide auquel on puisse en toute sûreté se confier. Ce guide c'est le livre que nous offre M. André, et où, dans un langage à la fois simple, clair et précis, il nous met au courant des dernières données de cette science où il est passé maître.

**Dr D. Rafael del Valle y Aldabalde ; Dr D. Ricardo Pérez-Valdès y Aguirre.** — La Subconciencia. Discurso de recepciou del Dr D. Rafael del Valle y Aldabalde y contestacion del Dr D. Ricardo Pérez-Valdès y Aquirre. Leidos el 18 de Febrero de 1923. — Un vol. de 105 pages (27 × 18), de « Real Academia Nacional de Medecina ». — Madrid, Establecimiento tipografico Nicho y Compania, 1923.

**Pierre Bonnier.** — Défense organique et centres nerveux. Nouvelle édition. — Un vol. de 248 pages (19 × 12), de la « Nouvelle Collectiou Scientifique », dirigée par M. Émile Borel. — Paris, Alcan, 1923. — Prix : 10.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait :

Considérant que c'est par le système nerveux que nous nous défendons dans toute maladie aiguë, que c'est au bulbe qu'est confié notre équilibre physiologique, et songeant aux célèbres expériences de Claude Bernard, Pierre Bonnier s'est demandé : « Si l'on peut expérimentalement troubler une fonction en lésant son centre, ne peut-on rétablir l'équilibre fonctionnel troublé en dégageant ce centre responsable et compétent ? »

Toute sa théorie est résumée en deux ouvrages : *Action directe sur les centres nerveux* et *Défense organique et centres nerveux*, le premier comprenant l'anatomie et la clinique, le second toute la partie physiologique, biologique et philosophique de la centrothérapie.

**Dr Osty.** — La Connaissance Supra-Normale. — Un vol. de 388 pages (23 × 14), de la « Bibliothèque de Philosophie Contemporaine ». — Paris, Alcan, 1923. — Prix : 15.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait :

Dans ce livre, le Dr Osty, auteur de *Lucidité et Intuition*, et du *Sens de la vie humaine*, a condensé les résultats de douze années d'étude expérimentale sur l'étrange faculté qu'ont certaines personnes de prendre connaissance de la réalité, êtres et choses, en des conditions où leurs sens et leur raisou n'en pourraient absolument rien connaître.

Deux parties du livre exposent, en des faits typiques, la nature et la diversité de la production de cette faculté. Une troisième partie la montre dans son activité fonctionnelle. Enfin, dans une quatrième partie, l'auteur recherche les sources inapparentes où elle puise ses informations.

**J.-W. Crawford,** Professeur à l'Université de Belfast. — La Mécanique Psychique. — Un vol. de 218 pages (19 × 15). — Paris, Payot, 1923. — Prix : 7.50 francs.

Note de l'Éditeur. Extrait :

La « Bilbiothèque internationale de Science psychique, métapsychique et Parapsychologie », réunira, sous la direction d'un

savant psychiste, M. René Sudre, les œuvres les plus remarquables des spécialistes français et étrangers, tous professeurs d'Université, médecins ou hommes de science.

Le premier volume de cette collection, *La Mécanique psychique*, du professeur anglais W.-J. Crawford, est consacré aux phénomènes de « télékinésie », c'est-à-dire du mouvement à distance sans intermédiaire physique connu.

**William-Pitcher Creager.** — LA CONSTRUCTION DES GRANDS BARRAGES EN AMÉRIQUE, traduit par Edouard Callendrau et Henry-Philippe Humbert. — Un vol. de XVI-243 pages (25 × 17). — Paris, Gauthier-Villars, 1923. — Prix : 25.00 francs.

Extrait de la Table des Matières :

I. Recherches et examens des lieux. — II. Le choix du type de barrage. — III. Des forces et des efforts auxquels sont soumis les barrages. — IV. Étude de la stabilité des barrages « à gravité ». — V. Équations générales relatives aux barrages « à gravité ». — VI. Projet d'un barrage à « gravité » pleine. — VII. Étude d'un barrage-réservoir « à gravité » plein. — VIII. Étude des barrages évidés. — IX. Barrages en voûte. — X. Préparation et protection du sol de fondement. — XI. Débit de crues. — XII. Détails et renseignements complémentaires.

**E. Fichot**, ingénieur-hydrographe en chef de la Marine. — LES MARÉES ET LEUR UTILISATION INDUSTRIELLE. — Un vol. de VI-256 pages (19 × 15), de la « Collection Science et Civilisation ». — Paris, Gauthier-Villars, 1923. — Prix : 9.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait :

Après une étude approfondie de la *Théorie des Marées*, l'auteur fait un exposé très complet des projets ayant pour but de mettre au service de l'industrie, l'énergie inépuisable de la houille bleue.

C'est dire que ce livre n'intéresse pas seulement les spécialistes, mais bien tous les gens prévoyants que préoccupent les problèmes économiques.

**H. Cavaillès**, professeur au lycée de Bordeaux. — LA HOUILLE BLANCHE. — Un vol. de 126 pages (18 × 12) de la « Collection Armand Colin ». — Paris, Armand Colin, 1922. — Prix : 5.00 francs.

Note de l'éditeur. Extrait :

L'aménagement des forces hydrauliques du Rhône entre dans sa période de réalisation ; les travaux d'aménagement de la Dordogne par la Compagnie du P. O. vont commencer ; le projet d'aménagement du Rhin prend corps ; la question de la Houille Blanche est donc toute d'actualité et le livre de M. Cavaillès vient à son heure. L'étude géographique de la houille blanche que l'auteur nous présente est « le premier ouvrage d'ensemble » renseignant le public sur ce qu'est la houille blanche, et donnant, par régions, d'après des documents puisés directement aux sources, l'état actuel de l'Industrie hydro-électrique en France et à l'Étranger.

**Paul Ravaut**, Médecin de l'hôpital Saint-Louis. — LES MALADIES DITES VÉNÉRIENNES. — Un vol. avec 23 figures, de 214 pages (18 × 12), de la « Collection Armand Colin ». — Paris, Armand Colin, 1922. — Prix : 5.00 francs.

Note de l'Éditeur. Extrait :

Ce livre est à la fois un cri d'alarme et une raison d'espérer.

Un cri d'alarme, car les statistiques qu'on y trouve, nous montrent quel effroyable danger menace la race française, surtout depuis que la guerre a étendu dans de si inquiétantes proportions, le do-

maine de ces maladies, causes de dépopulation et facteurs de dégénérescence.

Une raison d'espérer, car le Docteur Ravaut nous montre qu'il est possible de lutter contre elles et même de les vaincre. Il en indique les moyens.

EUGÉNIQUE ET SÉLECTION. — Un vol. de 248 pages (23 × 15), de la « Bibliothèque générale des sciences sociales ». — Paris, Alcan, 1922. — Prix : 15 francs.

Eugénique et Biologie, par Edmond Perrier ; Eugénique et Régimes alimentaires, par Frédéric Houssay ; La Sélection Humaine, par le professeur Charles Richer ; Eugénique et Santé nationale, par le Dr E. Apert ; Natalité et Eugénique, par M. Lucien March, Conséquences psycho-sociales de la dernière guerre, par le Dr Papillault ; Eugénique et Mariage, par le Dr Georges Schreiber ; Eugénique pratique, par le Major Léonard Darwin ; Génétique et Adaptation, par M. Lucien Cuénot, professeur de zoologie à la Faculté de Nancy.

**F.-P. Lebuffle, S. J.** — HUMAN EVOLUTION AND SCIENCE. — Une brochure de 33 pages (19 × 13). — New-York, America Press, 1923. — Prix : Ten cents.

Extrait de la Table des Matières :

Argument from similarity. — Argument from resemblance. — Real resemblance denied. — Pre-anthropoid stock. — Minute differences. — Between man and monkey. — Cranial capacity. — Supra-orbital ridges. — Tailed men. — Vestigial organs. — « Blood relations ». — Law of biogenesis. — Public deceived. — Sociological arguments. — Human evolution and the Bible. — Proof from the Bible. — Age of earth and of man. — Human evolution ant the Church.

**J. Husslein, S. J.** — GOD AND CAESAR. — Une brochure de 32 pages (19 × 13). — New-York, America Press, 1923. — Prix : Ten cents.

Extrait de la Table des Matières :

Bigotry in America. — High finance of bigotry. — Is the Church in politics ? — The Church and the State. — The Church and the people.

**Henry Gaston.** — PEUPLES DU MONDE, OÙ ALLEZ-VOUS ? AU SOCIALISME... AU COMMUNISME... AU BOLCHÉVISME ?... — Un vol. de 30 pages (19 × 12). — Paris, Actualités, 1922. — Prix : 1.50 francs.

Table des Matières :

Le problème. — Christianisme. — Socialisme. — Communisme. — Saint-Simonisme. — Fouriérisme. — Marxisme. — Anarchisme. — Bolchévisme. — L'avenir le plus rapproché. — La disparition de l'or. — L'épuisement des mines d'or. — La fabrication artificielle de l'or. — Peuples du monde, où allez-vous ?

**J. Langohr**, Docteur en Philosophie et Lettres, Professeur à l'Athénée Royal de Tongres. — 1° LE NOM DE LIMBOURG, essai d'étude toponymique. — Prix : 1.00 franc.

— 2° A NOTRE FRONTIÈRE DE L'EST. MORESNET, EUPEN, MALMÉDY, ST-VITH, avec carte inédite. — Prix : 2.00 francs.

Cette brochure établit que les nouveaux cantons dits « wallons »

se rattachent respectivement aux régions flamande, superficiellement allemandisée, wallonne, et allemande de la Belgique.

— 3° AUTOUR DE LIMBOURG-SUR-VESDRE. SON NOM, SON PASSÉ, SON DOMAINE. — Prix : 4.00 francs.

Cette brochure accompagnée de deux cartes inédites, dont une coloriée et très détaillée, est un remaniement complet du n° 1. En outre, elle traite de la contrée flamande superficiellement allemandisée, le N.-E. de la province de Liége, Moresnet et le pays d'Eupen.

**Ch. Poulet.** — GUELFES ET GIBELINS. — Deux volumes de 246 et 236 pages (19 × 12) de la « Collection Lovanium ». — Paris, Bruxelles, Vromant, 1922.

Vol. I : La lutte du Sacerdoce et l'Empire (1152-1250).
Vol. II : La diplomatie pontificale à l'époque de la Domination française (1266-1378).

# TABLE DES MATIÈRES

DU

# TROISIÈME VOLUME (QUATRIÈME SÉRIE)

TOME LXXXIII DE LA COLLECTION

---

**Livraison de janvier 1923**


GEORGES LEMOINE, par **M. L. J. Olmer**. . . . . 5

LA LUTTE CONTRE LA DOULEUR, par **M. A. Delassus** . . . 33

LE « PHILOTECHNES » DE JORDAN DE NEMORE, d'après Pierre Duhem et le manuscrit de cet ouvrage possédé par la bibliothèque de la ville de Bruges, par **H. Bosmans**. 52

L'ESPRIT DES PETITES BÊTES, par **P. Camboué, S. J.** . . 80

L'ÉTAT ACTUEL DE L'HÉMATOLOGIE MORPHOLOGIQUE, par **M. P. Lambin** . . . . . 95

LA MENTALITÉ DES PRIMITIFS, par **Pierre Charles, S. J.** 146

VARIÉTÉS. — *Clairaut et Carnot*, par **B. Lefebvre, S. J.** 166

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES, par **M. H. Bosmans** . 192

ENTOMOLOGIE, par le **R. P. L. Navas**. . . . . 210

SCIENCES TECHNIQUES, par **M. M. Demanet** . . . . 219

BIBLIOGRAPHIE. — I. Traité d'analyse, par E. Picard ; Méthodes et problèmes de Théorie des fonctions, par E. Borel. — Leçons sur les fonctions automorphes, par G. Giraud. — Leçons d'Analyse fonctionnelle, par P. Lévy, **M. O.** . . . . . 235

II. Nomographie ou Traité des abaques, par R. Soreau, **M. Alliaume** . . . , . . . . . 246

III. Conférences sur les Transformations en Géométrie plane, par W. de Tannenberg. — Calcul des erreurs absolues et des erreurs relatives, par W. de Tannenberg, **J. G., S. J.** . . . . . 253

IV. Les autres mondes sont-ils habités? par l'Abbé Moreux, **A. G., S. J.** . . . . . 255
V. Les Hélicoptères, par W. Margoulis, **Ph. du P.** . 255
VI. Les axiomes de la mécanique, par Painlevé. — Euclide, Galilée, Newton, Einstein, par M. Boll, **H. Dopp** . . . . . 257
VII. La prévision scientifique du temps, par G. Guilbert, **P. Biourge** . . . . . 258
VIII. La Chimie des complexes inorganiques, par R. Schwarz. — Traité d'analyse chimique qualitative, par Fresenius. — Los pesos moleculares, par E. Vitoria, **J. Pauwels, S. J.** . . . . . 261
IX. Cours de Chimie (Métaux et Cations), par M. Boll, **H. de Greeff, S. J.** . . . . . 268
X. Rocks and their origin, par Grenville A. J. Cole. — Studies on the Cyclostomatous Bryozoa, par F. Canu et R. S. Bassler, **G. Schmitz, S. J.** . . 269
XI. L'oiseau et son milieu, par M. Boubier. — Les merveilles de la vie des insectes, par E. Poleur, **G. Lamine**. . . . . 271
IIX. Das Labial-Segment, die Gliederung des Thorax und die Stigmenverteilung der Insekten in neuer Beleuchtung, par S. Feuerborn. — Studio sullo sviluppo postembrionale delle varie razze del Bombyx Mori D. — Le monde social des fourmis du globe comparé à celui de l'homme, par A. Forel, **F. Carpentier** . . . . . 274
XIII. Le piante e gli animali in Leonardo da Vinci, par G.-B. de Toni. — La pédagogie des aveugles, par P. Villey. — L'année psychologique, par H. Piéron, **J. Maréchal, S. J.** . . . . . 279
XIV. Problèmes financiers d'après-guerre, **F. Baudhuin** . . . . . 283

OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS . . . . . 285

---

**Livraison d'avril 1923**

LE PUBLIC ET LA SCIENCE, par **M. L. De Launay**. . . . 291
DEUX CATÉGORIES DE COURANTS TELLURIQUES, par **M. Dechevrens, S. J.** . . . . . 302
LE COMPORTEMENT ANIMAL. Les attitudes d'un escargot, par **M. M. Manquat** . . . . . 326

L'ÉTAT ACTUEL DE L'HÉMATOLOGIE MORPHOLOGIQUE, deuxième et troisième parties, par **M. P. Lambin** . . . . . 346
LES GRANDS PROBLÈMES MONÉTAIRES. STABILISATION ET DÉVALUATION, par **M. F. Baudhuin** . . . . . 407

VARIÉTÉS. — I. *La publication des inédits de Fermat,* par **M. H. Bosmans** . . . . . 422
II. *Clairaut et Carnot (suite),* par **B. Lefebvre, S. J.** 441
III. *Question Forestière coloniale,* par **M. É. De Wildeman** . . . . . 462

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.
PHYSIQUE, par **M. H. Dopp** . . . . . 475
HYGIÈNE ET INDUSTRIE ALIMENTAIRES, **M. J. B. André.** 504

BIBLIOGRAPHIE. — I. A treatise on Probability, by J. M. Keynes. — Compléments à des comptes rendus récents, **M. Alliaume** . . . . . 522
II. L'essence de la Trigonométrie, par P. Mansion, **M. Alliaume** . . . . . 530
III. Tables logarithmiques à treize décimales, par H. Andoyer. — Note sur le calcul tensoriel, par Assier de Pompignan, **H. D.** . . . . . 531
IV. Geschichte der Elementar-Mathematik in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der Fachwörter, von J. Tropfke, **H. Bosmans** . . . . . 533
V. La composition de Mathématiques dans l'examen d'admission à l'École polytechnique de 1901 à 1921, par F. Michel et M. Potron. — Cours complet de Mathématiques spéciales. Mécanique, par J. Haag, **M. O.** . . . . . 536
VI. Statique cinématique, par R. d'Adhémar. — L'évidence de la théorie d'Einstein, par P. Drumaux. — Les nouvelles conceptions de la matière et de l'atome, par A. Berthoud. — La constitution des atomes, par A. Berthoud. — La vie des atomes, par A. Boutaric, **H. Dopp** . . . . . 539
VII. Exposé concernant les résultats actuels relatifs aux isotopes, par M. de Broglie, **F. S.** . . . . . 543
VIII. Les édifices physico-chimiques. Les molécules, équilibres et réactions chimiques, par Achalme, **J. Pauwels, S. J.** . . . . . 545

IX. Les métaux des terres rares, par J. F. Spencer, **P. J.** . . . . . 547
X. Moderne Destillierkunst, par E. Walter, **M. Lecat** . . . . . 548
XI. Annuaire pour l'an 1923, publié par le Bureau des Longitudes. — Le bilan géographique, par P. Dalle, **L.** . . . . . 550
XII. La force motrice électrique dans l'industrie, par E. Marec, **F. G.** . . . . . 552
XIII. Production économique de la vapeur, par O. Manville, **A. W.** . . . . . 553
XIV. Études élémentaires de Météorologie pratique, par A. Baldit, **P. Biourge** . . . . . 555
XV. Œuvres de Pasteur, réunies par Vallery-Radot, tomes I et II. — Nutrition de la plante. Utilisation des substances ternaires, par M. Molliard, **R. Devisé, S. J.** . . . . . 555
XVI. Age and area. A study in geological distribution and origin of species, par J. C. Willis, **É. De Wildeman** . . . . . 560
XVII. La tradition philosophique et la pensée française. — Manuel de psychologie, par E. B. Titchener. — La psychopathologie de la vie quotidienne, par S. Freud, **J. Maréchal, S. J.** . . . . . 563
XVIII. Index generalis 1922-1923, par R. de Montessus de Ballore, **H. D.** . . . . . 568

Ouvrages récemment parus . . . . . 570

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

# REVUE

DES

# QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

ASSOCIATION SANS BUT LUCRATIF

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
*Const. de Fid. Cath.*, c. IV.

QUATRIÈME SÉRIE

**TOME III — 20 JANVIER 1923**

(QUARANTE-DEUXIÈME ANNÉE ; TOME LXXXIII DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
**(MM. F. Willaert et H. Dopp)**
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11
**Compte chèques postaux 38022**

1923

# LIVRAISON DE JANVIER 1923

I. GEORGES LEMOINE, par **M. L. J. Olmer**, p. 5.
II. LA LUTTE CONTRE LA DOULEUR, par **M. A. Delassus**, p. 33.
III. LE « PHILOTECHNES » DE JORDAN DE NEMORE d'après Pierre Duhem et le manuscrit de cet ouvrage possédé par la bibliothèque de la ville de Bruges, par **M. H. Bosmans**, p. 52.
IV. L'ESPRIT DES PETITES BÊTES, par le **R. P. P. Camboué, S. J.**, p. 80.
V. L'ÉTAT ACTUEL DE L'HÉMATOLOGIE MORPHOLOGIQUE, par **M. P. Lambin**, p. 95.
VI. LA MENTALITÉ DES PRIMITIFS, par le **R. P. P. Charles, S. J.**, p. 146.
VII. VARIÉTÉS. — *Clairaut et Carnot*, par le **R. P. B. Lefebvre, S. J.** p. 166.
VIII. REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — I. Histoire des Mathématiques, par **M. H. Bosmans**, p. 192. — II. Entomologie, par le **R. P. L. Navas, S. J.** p. 210. — III. Sciences techniques, par **M. M. Demanet**, p. 219.
IX. BIBLIOGRAPHIE. — I. Traité d'Analyse, par É. Picard, p. 235 ; Méthodes et problèmes de Théorie des fonctions, par É. Borel ; Leçons sur les fonctions automorphes, par G. Giraud ; Leçons d'Analyse fonctionnelle, par P. Lévy, p. 238, **M. O.** — II. Nomographie ou Traité des abaques, par R. Soreau, p. 246, **M. Alliaume**. — III. Conférences sur les Transformations en Géométrie plane, par W. de Tannenberg, p. 253 ; Calcul des erreurs absolues et des erreurs relatives, par W. de Tannenberg, p. 254, **J. G., S. J.** — IV. Les autres mondes sont-ils habités ? par l'Abbé Moreux, p. 255, **A. G.** — Les Hélicoptères, par W. Margoulis, p. 255, **Ph. du P.** — VI. Les axiomes de la mécanique, par Painlevé, p. 257 ; Euclide, Galilée, Newton, Einstein, par M. Boll, p. 258, **H. Dopp.** — VII. La prévision scientifique du temps, par G. Guilbert, p. 258, **P. Biourge.** — VIII. La Chimie des complexes inorganiques, par R. Schwarz, p. 261 ; Traité d'analyse chimique qualitative, par Fresénius, p. 264 ; Los pesos moleculares, par E. Vitoria, p. 266, **J. Pauwels, S. J.** — IX. Cours de Chimie (Métaux et Cations), par M. Boll, p. 268. **H. de Greeff, S. J.** — Rocks and their origins, par Grenville A. J. Cole, p. 269 ; Studies on the Cyclostomatous Bryozoa, par F. Canu et R. S. Bassler, p. 270, **G. Schmitz, S. J.** — XI. L'oiseau et son milieu, par M. Boubier, p. 271 ; Les merveilles de la vie des insectes, par E. Poleur, p. 274, **G. Lamine.** — XII. Das Labialsegment, die Gliederung des Thorax und die Stigmenverteilung der Insekten in neuer Beleuchtung, par S. Feuerborn, p. 274 ; Studio sullo sviluppo postembrionale delle varie razze del Bombyx Mori D., par G. Grandi, p. 275 ; Le monde social des fourmis du globe comparé à celui de l'homme, par A. Forel, p. 278, **F. Carpentier.** — XIII. Le piante e gli animali in Leonardo da Vinci, par G.-B. de Toni, p. 279 ; La pédagogie des aveugles, par P. Villey, p. 281 ; L'année psychologique, par H. Piéron, p. 282, **J. Maréchal, S. J.** — XIV. Problèmes financiers d'après-guerre, p. 283, **F. Baudhuin.**
OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS, p. 285.

# PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

**ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES**, t. I à t. XXXIX, 1875 à 1920. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20,00**
t. XL, 1921, et XLI, 1922. Chaque vol. . . . . fr. **30,00**

**TABLE ANALYTIQUE** des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3,00**

**REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES.** Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, 1902 à 1921. Trente volumes. Quatrième série commencée en 1922. Les deux volumes annuels, in-8°, avant 1920, fr. **20,00** ; à partir de 1920, fr. **40,00**.

Le fascicule trimestriel, avant 1920, fr. **6,00** ; à partir de 1920, fr. **10,00**.

**TABLE ANALYTIQUE** des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de . fr. **5,00** (pour les abonnés 2 fr.)

**TABLE ANALYTIQUE** des volumes de la troisième série de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. (Tomes LI à LXXX — 1902-1921). Un vol. in 8° de X-162 pages. Prix : **7 francs** (pour les abonnés 6 fr.).

**Ph. Gilbert.** Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **11,25**

**DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL.** Brochure in-8° de 38 pp. (1904) (épuisé) . . . . . fr. **1,00**

**LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE.** Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905) . . fr. **2,00**

**LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I.** *Introduction*, Éd. Van der Smissen. I. *La Fonction economique des Ports dans l'Antiquité grecque*, H. Francotte. II. *Bruges au Moyen âge*, G. Eeckhout. III. *Barry*, H. Laporte. IV. *Beira*, Ch. Morisseaux. V. *Liverpool*, P. de Rousiers. VI. *Anvers*, E. Dubois et M. Theunissen. VII. *Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans (Épuisé) (1). — **T. II.** VIII. *Londres*, G. Eeckhout. IX. *Délos*, A. Roersch. X. *Rotterdam*, J. Charles. XI. *Gênes au Moyen âge*, J. Hanquet. XII. *Marseille*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. — **T. III.** XIII. *Le Port moderne de Gênes*, M. Theunissen. XIV. *Ostende*. L.-Th. Léger. XV. *Jaffa*, P. Gendebien. XVI. *Lisbonne*. Ch. Morisseaux. XVII. *Le Havre*, G. Blondel. XVIII. *Hambourg*, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. *Rio-de-Janeiro*, F. Georlette. XX. *Han-Kow*. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. — **T. IV.** XXI. *Barcelone et Bilbao*, J. Charles. XXII. *Buenos-Aires*, M. Theunissen. XXIII. *Brême*, J. Charles. XXIV. *New York*, Paul Hagemans. XXV. *Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent*, Alphonse Roersch. XXVI. *Shanghaï*, A. A. Fauvel. XXVII. *Zeebrugge*, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. — **T. V.** XXVIII. *Rouen*, G. Blondel. XXIX. *Montréal*, M. Dewavrin. XXX. *Seattle et Tacoma*, M. Rondet-Saint. XXXI. *Trieste, Fiume, Venise*, M. Dewavrin. XXXII. *Venise au Moyen âge*, C. Terlinden. XXXIII. *Les ports du Nord-Est de l'Angleterre*, J. Meuwissen. — *Conclusions*, G. Blondel. — *Appendices : L'administration des Ports*, J. Charles, S. J. - *L'industrie des transports maritimes*, H. Mansion. Prix : 3 francs

**SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE.** Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0,75**

**DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE.** Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in 8° de 29 pages (1908). fr. **0,75**

**Éd. de Moreau.** La Bibliothèque de l'Université de Louvain « 1636-1914 ». Un vol. in-8° de 114 pp., avec 10 planches hors texte (1918) . fr. **4,00**

**E. Ariès**, correspondant de l'Institut. Thermodynamique. Propriétés générales des fluides. Un vol. in-8° de 68 pages (1920) . . . . . fr. **4,00**

**B. Lefebvre, S. J.** Notes d'Histoire des Mathématiques (Antiquité et Moyen-Age). Un vol. in-8° de IV-154 pages (1920) . . . . . fr. **3,00**

**M. Alliaume.** Revue annuelle d'Astronomie (1920). Un vol. de 44 pp. (20×13) . . . . . fr. **1,50**

---

(1) On peut trouver les articles de ce premier volume épuisé dans les livraisons d'avril et juillet 1906 de la *Revue des Questions scientifiques*.

# REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

## QUATRIÈME SÉRIE

Cette revue, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de trois séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891); la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901); la **troisième**, 30 volumes (1902-1921). La livraison de janvier 1922 inaugure la **quatrième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

La **troisième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

### CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES est de **27 francs** par an pour la Belgique, **39 francs** pour la France et **44 francs** pour les autres pays. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles jouissent d'une réduction de **5 francs**.

L'abonnement court jusqu'à ordre contraire.

---

**Table analytique des cinquante premiers volumes** de la REVUE. Un vol. du format de la REVUE de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

**Table analytique des volumes de la troisième série**, (51e à 80 de la collection 1902-1921). Un volume du format de la REVUE de X-162 pages. Prix : 7 francs ; pour les abonnés, 6 francs.

---

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

*S'adresser pour tout ce qui concerne la* **Rédaction** *et l'*Administration *au Secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.* Compte chèques postaux n° 38022.

**Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au Secrétariat.**

---

Louvain. — Imp. « Établissements F. Ceuterick », rue Vital Decoster, 60.

# REVUE

DES

# QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

ASSOCIATION SANS BUT LUCRATIF

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
*Const. de Fid. Cath.*, c. IV.

QUATRIÈME SÉRIE

**TOME III — 20 AVRIL 1923**

(QUARANTE-DEUXIÈME ANNÉE ; TOME LXXXIII DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
**(MM. F. Willaert et H. Dopp)**
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11
**Compte chèques postaux 38022**

—

1923

# LIVRAISON D'AVRIL 1923


I. LE PUBLIC ET LA SCIENCE, par **M. De Launay**, p. 291.

II. DEUX CATÉGORIES DE COURANTS TELLURIQUES, par **M. Dechevrens, S. J.**, p. 302.

III. LE COMPORTIMENT ANIMAL. LES ATTITUDES D'UN ESCARGOT, par **M. M. Manquat**, p. 326.

IV. L'ÉTAT ACTUEL DE L'HÉMATOLOGIE MORPHOLOGIQUE (Suite), par **M. P. Lambin**, p. 346.

V. LES GRANDS PROBLÈMES MONÉTAIRES. STABILISATION ET DÉVALUATION, par **M. F. Baudhuin**, p. 407.

VI. VARIÉTÉS. — I. *La publication des inédits de Fermat*, par **M. H. Bosmans**, p. 422. — II. *Clairaut et Carnot (Suite)*, par **B. Lefebvre, S. J.**, p. 441. — III. *Question forestière coloniale*, par **M. É. De Wildeman**, p. 462.

VII. REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — I. Physique, par **M. H. Dopp**, p. 475. — II. Hygiène et industrie alimentaires, par **M. J. B. André**, p. 504.

VIII. BIBLIOGRAPHIE. — I. A Treatise on probability, by J. M. Keynes, p. 522; Compléments à des comptes rendus récents, p. 530, **M. Alliaume**. — II. L'essence de la Trigonométrie, par P. Mansion, p. 530, **M. Alliaume**. — III. Tables logarithmiques à treize décimales, par H. Andoyer, p. 531; Note sur le calcul tensoriel, par Assier de Pompignan, p. 532, **H. D.** — IV. Geschichte der Elementar-Mathematik in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der Fachwörter, von J. Tropfke, p. 533, **H. Bosmans**. — V. La composition de Mathématiques dans l'examen d'admission à l'École polytechnique de 1901 à 1921, par F. Michel et M. Potron, p. 536; Cours complet de Mathématiques spéciales. Mécanique, par J. Haag, p. 537, **M. O.** — VI. Statique cinématique, par R. d'Adhémar, p. 539; L'évidence de la théorie d'Einstein, par P. Drumaux, p. 540; Les nouvelles conceptions de la matière et de l'atome, par A. Berthoud; La constitution des atomes, par A. Berthoud, p. 541; La vie des atomes, par A. Boutaric, p. 543, **H Dopp**. — VII. Exposé concernant les résultats actuels relatifs aux éléments isotopes, par M. de Broglie, p. 543, **F. S.** — VIII. Les édifices physico-chimiques. Les molécules, équilibres et réactions chimiques, par Achalme, p. 545, **J Pauwels, S. J.** — IX. Les métaux des terres rares, J. F. Spencer, p. 547, **P. J.** — X. Moderne Destillierkunst, par E. Walter. p. 548, **M. Lecat.** — XI. Annuaire pour l'an 1923, publié par le Bureau des Longitudes, p. 550; Le Bilan géographique, par P. Dalle, p. 551, **L.** — XII. La force motrice électrique dans l'industrie, par E. Marec, p. 552, **F. G.** — XIII. Production économique de la vapeur, par O. Manville, p. 553, **A. W** — XIV. Études élémentaires de Météorologie pratique, par A. Baldit, p. 555, **P. Biourge.** — XV. Œuvres de Pasteur, réunies par Pasteur-Vallery-Radot, T. 1 et 2, p. 555; Nutrition de la plante. Utilisation des substances ternaires, par M. Molliard, p. 559, **R Devisé, S. J.** — XVI. Age and area. A study in geographical distribution and origin of species, par J. C. Willis,, p. 560. **É. D. Wildeman.** — XVII. La tradition philosophique et la pensée française, p. 563; Manuel de psychologie, par E. B. Titchener, p. 566; La psychopathologie de la vie quotidienne, par S. Freud, p. 567, **J. Maréchal, S. J.** — XVIII. Index generalis, par R. de Montessus de Ballore, p. 568, **H. D.**

OUVRAGE RÉCEMMENT PARUS, p. 570.

# PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

**ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES**, t. I à t. XXXIX, 1875 à 1920. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20,00**
t. XL, 1921, et XLI, 1922. Chaque vol. . . . . fr. **30,00**

**TABLE ANALYTIQUE** des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3,00**

**REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES**. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, 1902 à 1921. Trente volumes. Quatrième série commencée en 1922. Les deux volumes annuels, in-8°, avant 1920, fr. **20,00** ; à partir de 1920, fr. **40,00**.

Le fascicule trimestriel, avant 1920, fr. **6,00** ; à partir de 1920, fr. **10,00**.

**TABLE ANALYTIQUE** des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de . fr. **5,00** (pour les abonnés 2 fr.)

**TABLE ANALYTIQUE** des volumes de la troisième série de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. (Tomes LI à LXXX — 1902-1921). Un vol. in 8° de X-162 pages. Prix : **7 francs** (pour les abonnés 6 fr.).

**Ph. Gilbert**. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **11,25**

**DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL**. Brochure in-8° de 38 pp. (1904) (épuisé) . . . . . fr. **1,00**

**LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE**. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905) . . fr. **2,00**

**LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE** : **T. I.** *Introduction*, Éd. Van der Smissen. I. *La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque*, H. Francotte. II. *Bruges au Moyen âge*, G. Eeckhout. III. *Barry*, H. Laporte. IV. *Beira*, Ch. Morisseaux. V. *Liverpool*, P. de Rousiers. VI. *Anvers*, E. Dubois et M. Theunissen. VII. *Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans (Épuisé) (1). — **T. II.** VIII. *Londres*, G. Eeckhout. IX. *Délos*, A. Roersch. X. *Rotterdam*, J. Charles. XI. *Gênes au Moyen âge*, J. Hanquet. XII. *Marseille*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. — **T. III.** XIII. *Le Port moderne de Gênes*, M. Theunissen. XIV. *Ostende*. L.-Th. Léger. XV. *Jaffa*, P. Gendebien. XVI. *Lisbonne*, Ch. Morisseaux. XVII. *Le Havre*, G. Blondel. XVIII. *Hambourg*, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. *Rio-de-Janeiro*, F. Georlette. XX. *Han-Kow*. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. — **T. IV.** XXI. *Barcelone et Bilbao*, J. Charles. XXII. *Buenos-Aires*, M. Theunissen. XXIII. *Brême*, J. Charles. XXIV. *New York*, Paul Hagemans. XXV. *Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent*, Alphonse Roersch. XXVI. *Shanghaï*, A. A. Fauvel. XXVII. *Zeebrugge*, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. —**T. V.** XXVIII. *Rouen*, G. Blondel. XXIX. *Montréal*, M. Dewavrin. XXX. *Seattle et Tacoma*, M. Rondet-Saint. XXXI. *Trieste, Fiume, Venise*, M. Dewavrin. XXXII. *Venise au Moyen âge*, C. Terlinden. XXXIII. *Les ports du Nord-Est de l'Angleterre*, J. Meuwissen. — *Conclusions*, G. Blondel. — *Appendices : L'administration des Ports*, J. Charles, S. J.- *L'industrie des transports maritimes*, H. Mansion. Prix : 3 francs

**SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE**. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0,75**

**DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE**. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in 8° de 29 pages (1908). fr. **0,75**

**Éd. de Moreau**. La Bibliothèque de l'Université de Louvain « 1636-1914». Un vol. in-8° de 114 pp., avec 10 planches hors texte (1918) . fr. **4,00**

**E. Ariès**, correspondant de l'Institut. Thermodynamique. Propriétés générales des fluides. Un vol. in-8° de 68 pages (1920) . . . . . fr. **4,00**

**B. Lefebvre, S. J.** Notes d'Histoire des Mathématiques (Antiquité et Moyen-Age). Un vol. in-8° de IV-154 pages (1920) . . . . . fr. **3,00**

---

(1) On peut trouver les articles de ce premier volume épuisé dans les livraisons d'avril et juillet 1906 de la *Revue des Questions scientifiques*

# REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

## QUATRIÈME SÉRIE

Cette revue, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de trois séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891); la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901); la **troisième**, 30 volumes (1902-1921). La livraison de janvier 1922 inaugure la **quatrième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

La **troisième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

### CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES est de **37 francs** par an pour la Belgique, **39 francs** pour la France et **44 francs** pour les autres pays. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles jouissent d'une réduction de **5 francs**.

L'abonnement court jusqu'à ordre contraire.

---

**Table analytique des cinquante premiers volumes** de la REVUE. Un vol. du format de la REVUE de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

**Table analytique des volumes de la troisième série**, (51e à 80e de la collection 1902-1921). Un volume du format de la REVUE de X-162 pages. Prix : 7 francs ; pour les abonnés, 6 francs.

---

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

*S'adresser pour tout ce qui concerne la* **Rédaction** *et l'***Administration** *au Secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.* Compte chèques postaux n° 38022.

**Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au Secrétariat.**

---

Louvain. — Imp. « Établissements F. Ceuterick », rue Vital Decoster, 60.

23
23-92632

AMNH LIBRARY
100226283